

288

ВСНТО — ВНИТОЭ

ИНСТИТУТ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ПО ЭНЕРГЕТИКЕ, И АВТОМАТИКЕ
Украинское отделение

инж. И. Д. БУКШПУН

ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ

Конспект лекций, читанных в Институте
в 1940/41 учебном году по циклу „Стацио-
нарные двигатели внутреннего сгорания“.

1941

Киев

Вснито — Внитоэ
ИНСТИТУТ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПО ЭНЕРГЕТИКЕ И АВТОМАТИКЕ
Украинское отделение

К 90
288

инж. И. Д. БУКШПУН

ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ

Конспект лекций, читанных в Институте в 1940/41 учебном
году по циклу „Стационарные двигатели внутреннего
сгорания“.

ОБОВ'ЯЗКОВИЙ БІБЛІОТЕЧНИЙ

Киев — 1941

СОДЕРЖАНИЕ

От института	стр. 3
От автора	5
Область применения газосиловых установок и их значение	6
Принципы получения силового газа в газогенераторах	7
Конструкции газогенераторов	14
Топливо для газогенераторов и основные вопросы их эксплуатации	35
Материальный и тепловой баланс газогенератора и определение коэффициента полезного действия	42
ГАЗОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ	
Разновидность типов и конструкций	48
Реконструкция нефтяных двигателей для работы на генераторном газе	50
Крупные газовые машины	58
Регулирование и распределение в газовых машинах	60
Компановка газосиловых установок	64
Основные указания по уходу за газогенераторными двигателями и правила безопасности	70
Литература	75



Отв. редактор: акад. В. Ф. Миткевич.

Научн. редактор: проф. И. Т. Швец.

БМ 9070. Тираж 500. Печатных листов 4³/₄. Формат бумаги 60×92/16. Подписано к печати 10.III. 1941 г.

Львов, 16. Полиграф-ка Укрполиграфтресту.

Зам. № 1478.

ОТ ИНСТИТУТА

За годы сталинских пятилеток двигатели внутреннего сгорания получили широкое распространение в различных областях нашего народного хозяйства.

Введение новых типов двигателей и применение в эксплуатации большого числа измерительных приборов ставят перед монтажным и эксплуатационным персоналом вопрос о необходимости усовершенствования своих знаний и внедрения более современных и точных методов контроля, монтажа и эксплуатации.

Идя навстречу этим потребностям, Украинское Отделение Института Усовершенствования по энергетике, автоматике и связи открыло цикл заочного обучения по стационарным двигателям внутреннего сгорания с охватом обучением, как инженерно-технического персонала установок, так и практиков (механиков, пом. механиков, старших машинистов и пр. категорий), область работы которых непосредственно связана с монтажом, ремонтом и эксплуатацией указанных двигателей.

Весь курс обучения разделяется на два типа: повышенный — для инженерно-технического персонала и нормальный — для практиков. Применительно к этим категориям слушателей текст материала печатается двумя шрифтами (в одном издании): крупным шрифтом — материал предназначается для слушателей по повышенному и нормальному циклу, мелким шрифтом — дополнительный материал для слушателей по повышенному циклу.

Основными темами являются монтаж, ремонт и эксплуатация двигателей внутреннего сгорания.

В этих разделах дается систематический материал по монтажу и ремонту основных деталей, излагаются новейшие методы их контроля и освещаются вопросы рациональной эксплуатации двигателей.

Учитывая пожелания слушателей, нами введены дополнительные разделы по теории рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания и дано краткое описание основных конструкций двигателей отечественного производства, отдельные примеры мон-

тажа, ремонта и эксплуатации которых разбираются в последующих конспектах лекций.

В соответствии с этим весь цикл лекций издается в виде отдельных брошюр по таким основным разделам:

1. Теория рабочих процессов.
2. Конструкции нефтяных двигателей.
3. Охлаждение, смазка и топливные системы.
4. Газогенераторные силовые установки.
5. Монтаж и ремонт.
6. Тепловой баланс.
7. Использование отходящего тепла.
8. Эксплоатация.
9. Автоматизация установок с двигателями внутреннего сгорания.

Очевидно, что по принятому объему лекции не могут являться исчерпывающим пособием для усвоения слушателями необходимого современного материала по указанным вопросам. Только в сочетании с рекомендуемой литературой и индивидуальной консультацией (см. метод. письма) лекции могут усовершенствовать знания эксплуатационно-технических работников стационарных установок с двигателями внутреннего сгорания.

Институт обращается с просьбой направлять свои пожелания в Украинское Отделение Института (Киев, Крещатик 12, 3-ий этаж, комн. 1), это даст возможность учесть замечания при последующей работе Института.

ОТ АВТОРА

Экономное расходование топлива в энергетических установках является важнейшей задачей советских энергетиков.

Особое место занимает при этом всемерная замена жидкого топлива твердым топливом.

Развитие газогенераторных силовых установок, усовершенствование конструкций силовых газогенераторов и газовых двигателей и установление рационального режима их эксплуатации является крупнейшим фактором в решении указанных выше задач.

Настоящий конспект лекций по газогенераторным силовым установкам имеет целью дать лишь общее представление о принципах и основных типовых конструкциях как газогенераторов и газовых машин, так и о компоновке газогенераторных силовых установок.

Наряду с новыми типами установок нами рассмотрены также и некоторые уже несколько устарелые модели, учитывая их широкое распространение в промышленности до настоящего времени.

Значительное место, поскольку это позволял объем книги, уделено получению силового газа из низкосортных топлив местного значения.

Интересы социалистического народного хозяйства требуют неослабного внимания к этому вопросу.

Автор отдает себе отчет в том, что весьма широкий круг вопросов, охватываемых в настоящей работе, изложен конспективно. Поэтому, для глубокого изучения отдельных разделов такого большого курса, каким является курс „газогенераторных силовых установок“, особенно в теоретической его части, требуется обращение к специальным источникам. Некоторые из них изложены в перечне литературы, помещенном в конце книги.

Автор обращается с просьбой к лицам, изучающим газогенераторные силовые установки, сообщить о всех желательных своих дополнениях или поправках к настоящей работе, за что автор заранее приносит свою благодарность.

Замечания просьба направлять по адресу: Киев, Крещатик 12, Украинское отделение Всесоюзного Института Усовершенствования инженеров энергетики и электросвязи — инж. Букшпун И. Д.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОСИЛОВЫХ УСТАНОВОК И ИХ ЗНАЧЕНИЕ

Газосиловые установки имеют очень широкое распространение в народном хозяйстве. Они находят свое применение в крупных металлургических заводах, на электростанциях, промышленных предприятиях, автотранспорте, в сельском хозяйстве.

Газосиловые установки могут быть разделены на три отличных типа. Первый тип состоит из двух основных элементов: газогенераторной установки, в которой получают газ из твердого топлива и газовой машины, в которой этот газ сжигается, создавая тем самым двигательную силу в цилиндрах машины; второй тип характерен отсутствием специальных газогенераторов в составе установки. Газовые машины работают за счет отходящего газа, главным образом, металлургических заводов (в основном, от доменных печей).

Третий тип являющийся по существу разновидностью второго типа также отличается от первого типа отсутствием газогенераторной установки. Газовые машины работают на природном газе. Это имеет место, главным образом, в районах залегания газовых и нефтяных месторождений.

В настоящей работе основное место нами уделяется стационарным газосиловым установкам первого типа, как наиболее распространенным и требующим в силу своей большей сложности наиболее подробного освещения.

Подходя к вопросу о значении стационарных газогенераторных силовых установок, необходимо отметить, что в этой области энергетики имел место многолетний застой.

За счет недооценки газогенераторных установок, шло чрезмерное увлечение нефтяными двигателями, без достаточного учета местных условий и возможностей.

Это нашло свое отражение не только в застое в области конструирования новых более совершенных газогенераторных силовых установок, но сказалось и на отсталости методов эксплуатации существующего огромного парка этих установок, главным образом, малых и средних мощностей, разбросанных по всей стране в различных отраслях промышленности.

В настоящее время в этой отрасли техники наметился резкий перелом.

Наряду с исключительным развитием, какое приобрело применение газогенераторных установок в авто-тракторном деле, на-

мечается новая волна технического прогресса в области газогенераторных силовых установок стационарного типа.

Отечественные заводы с каждым годом осваивают новые типы газовых машин, значительно более экономичных в установке и эксплуатации, чем действующие старые установки.

Одновременно с количественным и качественным развитием газосиловых установок, работающих на искусственном генераторном газе, приобретают все большее значение специальные типы машин, работающих на природном и доменном газе.

Но, все же преобладающим типом газосиловой установки является пока силовая установка малой и средней мощности, работающая на искусственном генераторном газе.

Основными производственными преимуществами газогенераторной силовой установки являются:

а) широкие технологические возможности работы на низкосортном топливе; возможность приспособления к местным видам топлива;

б) более высокий, по сравнению с конденсационной паросиловой установкой (паровая машина, локомобиль) термический к. п. д. и, следовательно, пониженный расход тепла на л. с. час;

в) меньшая удельная площадь на л. с., занимаемая газогенераторной силовой установкой в сравнении с парокотельной установкой (для одного и того же порядка мощностей);

г) пониженные, в сравнении с парокотельной силовой установкой, затраты на обслуживающий персонал;

д) меньший расход воды и пониженные требования к ее качеству;

е) возможность технологической и экономической связи производства газа в одной установке для силовых и технологических нужд.

К недостаткам газогенераторной силовой установки может быть отнесено:

а) повышенные требования в части однородности топлива, поступающего в газогенератор;

б) пониженные, в сравнении с паровой установкой, возможности перегрузки машины, меньшая приспособленность установки к колеблющимся нагрузкам;

в) необходимость организации в стационарных установках специальных мероприятий в связи с ядовитостью генераторного газа.

ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ СИЛОВОГО ГАЗА В ГАЗОГЕНЕРАТОРАХ

Газогенератором, или производителем газа, называют агрегат, в задачи которого входит осуществление процесса перехода потенциального тепла, содержащегося в твердом топливе, в потенциальное тепло газообразного топлива.

Химическая сущность этого процесса, состоит, главным образом, в превращении углерода топлива в окись углерода — основной составляющей силового газа.

Газогенератор представляет собой вертикальную шахту, наполняемую твердым топливом, подлежащим газификации. Металлический кожух внутри выкладывается футеровкой — огнеупорным кирпичем. Топливо, как правило, покоится на колосниковой решетке, которая, с одной стороны, поддерживает колонну топлива в шахте и, с другой — распределяет поступающий под колосники воздух и водяной пар. В задачи колосниковой решетки входит также (в зависимости от степени ее механизации) периодическое или непрерывное удаление остатков золы и шлака, накаплиющихся на ней.

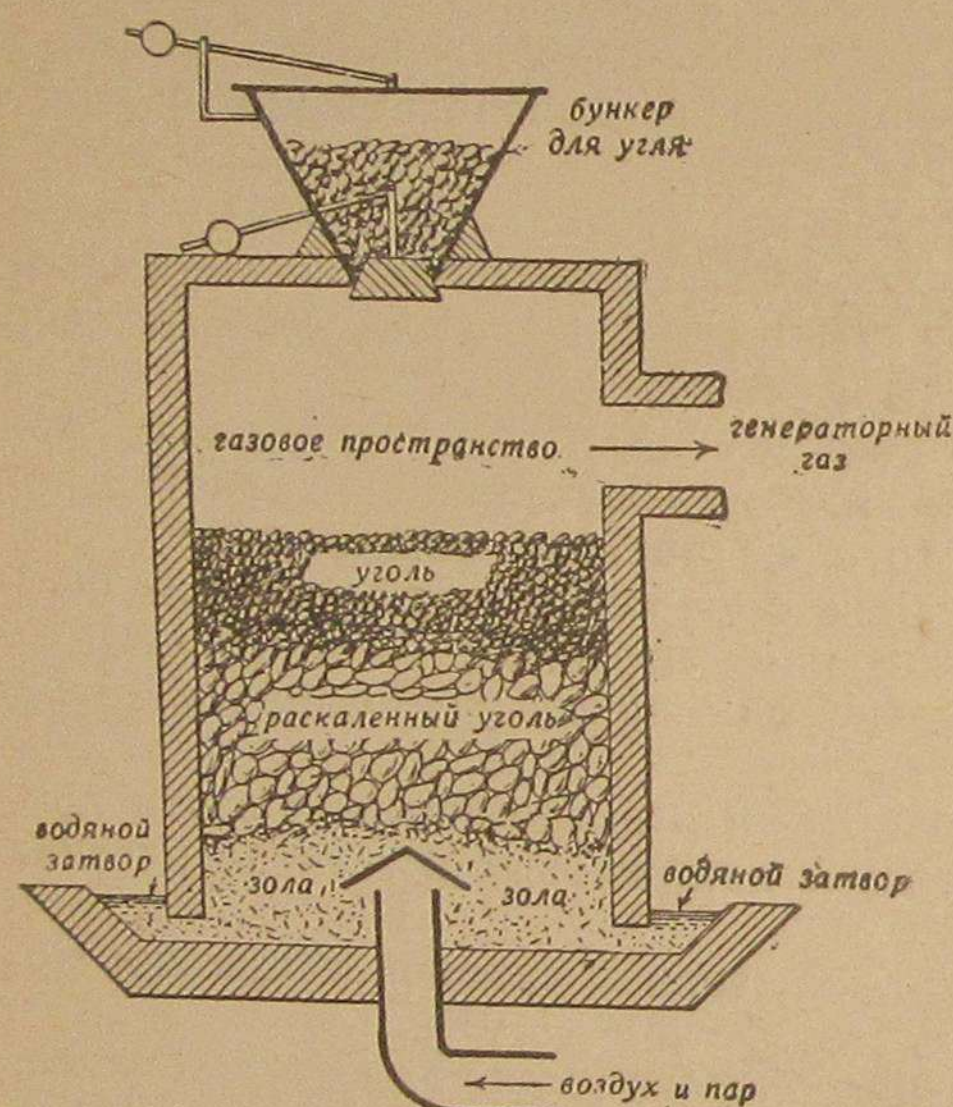


Рис. 1

На рис. 1 показана схема газогенератора.

Забрасываемое в бункер газогенераторное топливо постепенно опускается, подогреваясь и подсушиваясь при этом газом, идущим снизу вверх. По мере подсушки и прогрева топлива, из него выделяются продукты сухой перегонки. Остающийся после сухой перегонки полукокс состоит преимущественно из углерода и золы и, кроме того, из небольших количеств азота, кислорода и водорода, связанных химически с углеродом кокса.

Опускаясь все ниже полукокс нагревается еще сильнее, при этом из него выделяются остатки продуктов сухой перегонки и углерод получившегося кокса становится подготовленным к вступлению в реакцию с кислородом, углекислотой и водяным паром.

Углерод кокса, в зависимости от рода топлива с разной степенью реагирует с газами, проходящими сквозь его раскаленный слой; при этом происходит основной процесс газообразования.

По мере дальнейшего продвижения слоя топлива вниз, к колосниковой решетке уже подходит только зола с примесью несгоревших частиц углерода.

Простейшим процессом газификации является процесс полу-

чения т. н. воздушного газа. Воздушный газ получается за счет химического взаимодействия углерода топлива с кислородом воздуха.

Пределы колебаний, составляющих этого газа:

CO (окись углерода)	— 21,0 — 30,5%
N (азот)	— 49,0 — 61,0%
CO ₂ (углекислота)	— 1,5 — 7,5%
H ₂ (водород)	— 6,0 — 12,0% ¹⁾
CH ₄ (метан)	— 1,0 — 3,0% ¹⁾

Наибольшее распространение в стационарных газосиловых установках получил смешанный газ, который представляет собой смесь воздушного и водяного ²⁾ газов и дает наилучшие показатели термического использования. Смешанный газ получают при одновременном вдувании под колосники воздуха и водяного пара.

Пределы колебаний состава смешанного газа:

CO (окись углерода)	— 23,0 — 28,5
H ₂ (водород)	— 14,0 — 18,0
CO ₂ (углекислота)	— 2,5 — 7,5
N (азот)	— 43,0 — 50,0
CH ₄ (метан)	— 1,0 — 3,5

Предпочтение, отдаваемое в газогенераторных силовых установках смешанному газу, вызывается следующими соображениями: при подаче в нижнюю зону горения газогенератора только чистого воздуха, благодаря активному реагированию кислорода воздуха с углеродом топлива, с выделением при этом тепла, создаются высокие температуры. Вследствие этого и газ, выходящий из газогенератора, имеет относительно высокую температуру. Повышенные температуры в зоне горения влияют на увеличение излучения тепла через стенки, что в свою очередь приводит к значительной потере тепла. Высокие температуры вызывают также явления плавления золы, которые часто затрудняют нормальный процесс эксплуатации газогенератора.

Вдувание водяного пара в наиболее раскаленную зону газогенератора имеет двойное действие. Во первых, водяной пар вступает во взаимодействие с раскаленным углеродом и образует дополнительные горючие компоненты в газе CO и H₂, что повышает общую теплоценность газа и, во вторых, благодаря тому, что реакции взаимодействия водяного пара с углеродом происходят с поглощением тепла, (эндотермические реакции), понижается температура в зоне наивысших температур газогене-

¹⁾ Верхние пределы содержания H₂ и CH₄ в воздушном газе показательны только для влажных топлив.

²⁾ Водяной газ образуется под действием водяного пара на раскаленный углерод. Основные составляющие водяного газа — окись углерода и водород.

Теплотворная опоспособность водяного газа лежит в пределах 2400—2800 кал/м³.

В качестве силового газа он почти не употребляется.

ратора, что, в значительной мере, предотвращает плавление золы, газифицируемого топлива и зашлаковывание колосниковой решетки.

Разумеется, как воздух, так и пар, поступающие в газогенератор, должны строго дозироваться, в зависимости от состава газифицируемого топлива, необходимого качества газа, степени форсировки газогенератора и др. Теплотворная способность рассмотренных выше газов колеблется в пределах:

воздушный газ 750 — 1200 кал/м³
смешанный газ 1000 — 1500 „

Тепловая характеристика основных компонентов входящих в состав силового газа, приведена в табл. 1.

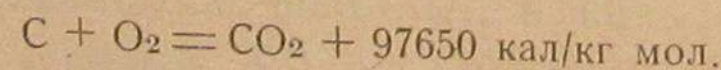
Табл. 1.

Наименование газов	Молекулярный вес (округленно)	Теплотворная способность (вышая)	
		В кал./кг. мол.	В кал./м ³
Водород Н ₂	2	68300	3050
Кислород О ₂	32	—	—
Азот N ₂	28	—	—
Оксид углерода — СО	28	67650	3018
Углекислота — СО ₂	44	—	—
Метан — СН ₄	16	213000	9500
Водяной пар — Н ₂ О	18	—	—

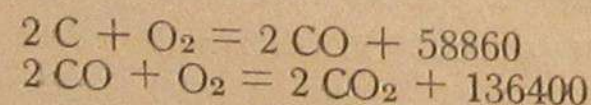
Рассмотрим термохимические процессы, имеющие место в газогенераторе при получении смешанного газа.

При поступлении воздуха в газогенератор, в т. н. зону горения, кислород воздуха вступает в реакцию с углеродом кокса данного топлива, в результате чего образуется преимущественно углекислота. Этот пояс, или зону горения, называют еще окислительной зоной.

Здесь происходят следующие экзотермические (т. е. с выделением тепла) реакции:

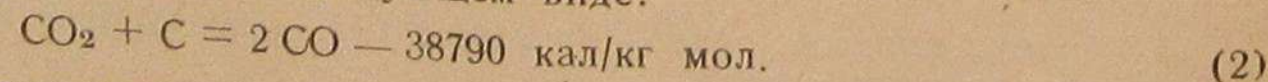


И кроме того:



Благодаря большому количеству выделяемого тепла, окислительная зона является зоной наиболее высоких температур в газогенераторе.

По мере выхода газа из окислительной зоны и соприкосновения его с раскаленным углеродом, СО₂ из газа восстанавливается в СО (оксид углерода). Реакция эта выражается в следующем виде:



Процесс восстановления сопровождается поглощением тепла.

Таким образом, при окислении углерода топлива образуется одновременно СО и СО₂, причем СО за счет избыточного кислорода сгорает полностью или частично в СО₂. В дальнейшем СО₂ восстанавливается в СО. Соответственно и различают зону преимущественного образования СО₂ (окислительную) и зону восстановления (восстановительную).

Ниже приводим возможные реакции воздуха и водяного пара с углеродом, а также количества выделяемого или поглощаемого при этом тепла (по Рамбушу):

Табл. 2.

Реакции		Теплота реакции	
		Молекулярная кал./кг мол.	На единицу веса твердого углерода кал./кг
Кислород	1. $\text{C} + \text{O}_2 = 2 \text{CO}_2$	+ 97650	+ 8137
	2. $\text{C} + \text{CO}_2 = 2 \text{CO}$	— 38790	— 3233
	3. $2 \text{C} + \text{O}_2 = 2 \text{CO}$	+ 58860	+ 2450
	4. $2 \text{CO} + \text{O}_2 = 2 \text{CO}_2$	+ 136440	
Водяной пар	5. $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$	— 28800	— 2400
	6. $\text{C} + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2$	— 18800	— 1566
	7. $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$	+ 10000	
	8. $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O}$	+ 115600	

Приведенная таблица составлена на основании наиболее распространенных значений молекулярных теплот реакций, однако, при применении последних следует все-же иметь в виду, что теплота полного окисления углерода может несколько изменяться, в зависимости от модификации последнего (древесный уголь, ретортный графит, естественный графит и т. д.).

Молекулярной теплотой реакции называется термохимическая постоянная, обозначающая количество тепла в килограм-калориях, которое выделяется реагирующими веществами, взятыми в количествах, численно равных их молекулярным весам, выраженным в килограммах.

Например: $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 97650$ ккал означает, что, когда 12 кг углерода реагируют с 32 кг кислорода, в результате чего получается 44 кг углекислоты, то при этом освобождается 97650 ккал. Подобно этому, $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2 - 28800$ ккал означает, что, когда 12 кг углерода реагируют с 18 кг водяного пара получается 28 кг окиси углерода и 2 кг водорода, при этом из окружающей среды поглощается 28800 ккал.

Получение возможно большего содержания СО в газе является важнейшей задачей газогенераторного процесса.

Количество СО₂, представляющей собой продукт полного сгорания углерода топлива, а, следовательно, негорючую примесь в газе, желательно иметь как можно меньшим.

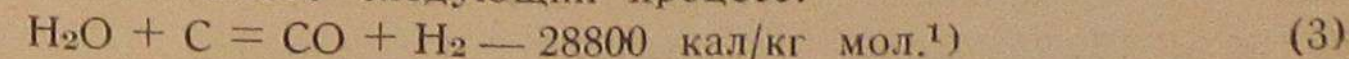
Можно установить следующие идеальные условия для получения газа с большим содержанием окиси углерода:

1. Поверхность топлива, подверженная взаимодействию с газом, должна быть наибольшей.

2. Газы должны распределяться равномерно по всему сечению и хорошо обтекать куски топлива.

3. Температура в реакционной зоне должна поддерживаться равномерной и максимально допустимой.

Поступающий вместе с воздухом под колосниковую решетку, водяной пар, соприкасаясь с раскаленным углеродом, также вступает с ним в реакцию, в результате чего имеет место следующий процесс:



Реакция эта, как указывалось, эндотермическая, т. е. происходит с поглощением тепла извне.

¹⁾ Предполагается также вероятность протекания и другой реакции:
 $\text{C} + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2 - 18800 \text{ кал/кг мол.}$

Итак, в шахте газогенератора можно различить следующие зоны:

1. Зона подсушки. В ней свежая масса заброшенного в генератор топлива подогревается потоком газов, при этом влага в топливе испаряется.

2. Зона сухой перегонки. Здесь топливо продолжает нагреваться, из него выделяются пары и газы — продукты сухой перегонки — CH_4 (метан), H_2 (водород), CO_2 и др., а также смола, уксусная кислота, метиловый спирт и др.

3. Зона восстановления. В этой зоне генератора углекислота восстанавливается в окись углерода, происходит реакция водяного пара с раскаленным углеродом и выделение при этом H_2 и CO .

4. Зона окисления. Углерод топлива сгорает преимущественно в углекислоту (CO_2).

5. Зона шлаков и золы. Воздух, идущий для процесса, проходя через эту зону, подогревается. Кроме того, в этой зоне догорают остатки несгоревшего углерода, попавшие на решетку.

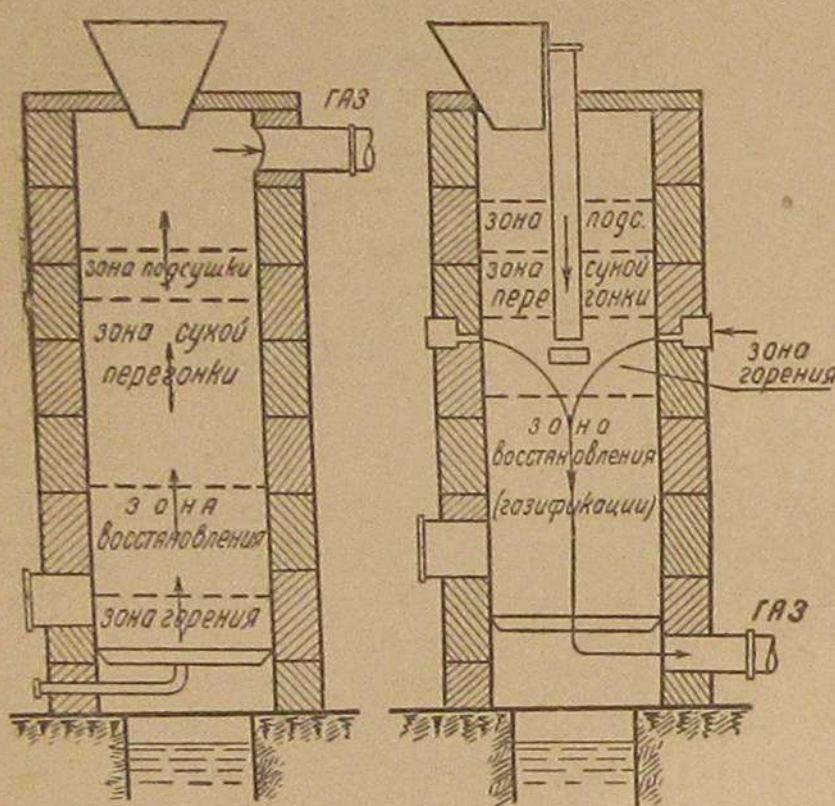


Рис. 2

Рис. 3

Рассмотренные зоны газогенератора, распределенные в указанном порядке, соответствуют так называемому прямому процессу газификации (рис. 2). В этом процессе, по мере движения топлива сверху вниз, газ движется снизу вверх и удаляется через выходное отверстие из газового пространства, расположенного в верхней части газогенератора.

Прямой процесс газификации топлив в силовых установках оправдывает себя полностью для топлив, не дающих примесей смолы в газе или дающих ее в очень незначительных количествах (кокс, антрацит, древесный уголь). Для так называемых смолистых (битуминозных) топлив, в частности, для местных видов топлив (торф, бурый уголь), газификации которых для силовых нужд придается особое значение, прямой процесс является, как правило, мало приемлемым (особенно для установок малой и средней мощности), так как даже при наличии в составе газогенераторной установки специальных, обычно дорогостоящих и громоздких очистительных устройств, силовой газ не освобождается полностью от смолистых соединений.

Между тем, основным требованием к газу, питающему всякий двигатель внутреннего сгорания, является отсутствие в газе смо-

лы. Конденсируясь на всасывающих клапанах, на стенках цилиндров, на поршнях и поршневых кольцах, смола загрязняет двигатель и нарушает нормальную его работу.

Оседающая на истоке клапана, смола приводит к его „заеданию“. Пружина не преодолевает силы сцепления смолы — клапан не закрывается, или закрывается настолько медленно, что такт сжатия проходит при еще не закрытом всасывающем канале. Во всасывающем коллекторе двигателя появляются выстрелы — вспышки горючей смеси, прошедшей из цилиндра через незакрытый клапан. Мощность двигателя резко падает. Оседающая на поршневых кольцах, смола притягивает их к канавкам. Кольца перестают пружинить, пропадает компрессия, а с потерей компрессии падает мощность двигателя. Оседающая на стенках цилиндра, смола затрудняет также движение поршня, сильно увеличивает потери на трение и, в конце концов, поршень заклинивается в цилиндре. Для очистки мотора от смолы и нагара приходится разбирать его, сняв цилиндры.

Таким образом, в тех случаях, когда газогенераторная силовая установка должна работать на топливе с большим содержанием смолы, в целях надежной работы двигателя необходимо предусмотреть предельное освобождение газа от содержания в нем примесей смолы. Даже малейшие „допуски“ здесь нежелательны.

Наиболее радикальным способом очистки газа от смолы является разложение и сгорание ее непосредственно в самом газогенераторе. Для этого необходимо осуществить газификацию, так называемым, обратным процессом.

Схема этого процесса указана на рис. 3.

Если в газогенераторе, работающем по прямому процессу, освобождение газа от смолы достигается механическим путем с помощью специальных смолоотделителей, то в обратном процессе используют путь термохимический.

Благодаря разложению и сгоранию смол в наиболее раскаленной зоне, газ выходит из газогенератора и поступает в двигатель, освобожденным от примесей, засмаливающих двигатель. В то же время обратный процесс газификации позволяет, без особого влияния на режим работы двигателя, производить периодическую загрузку газогенератора топливом.

В газогенераторе обратного процесса зона активного горения топлива передвигается, места подвода воздуха в газогенератор и отвода газов меняются относительно рассмотренной выше схемы прямого процесса. Воздух, в газогенераторах обратного процесса, подается в слой, находящийся на значительной высоте от колосниковой решетки, обычно в среднюю часть генератора (через специальные фурмы) где, вступая в реакцию с углеродом, образует в этом участке топливного слоя зону горения.

Далее газы опускаются ниже и проходят восстановительную зону.

Зоны подсушки и сухой перегонки топлив в газогенераторах обратного процесса размещаются над зоной горения, являющейся источником тепла для процессов подсушки и сухой перегонки топлива. Таким образом, при обратном процессе пары (воды и смолы) и газы проходят через активную часть газогенератора, где часть из них сгорает, а часть разлагается. При этом газ, выходящий из газогенератора, должен быть свободен от смол, что имеет, как отмечалось, решающее значение при применении смолистых топлив в генераторах силового газа.

Преимущества обратного процесса газификации при наличии смолистых топлив, заключаются еще и в термохимической стороне дела. При обратном процессе запас химической энергии смолистых соединений используется для общего теплового эффекта газификации.

Следует указать, что для получения бессмольного силового газа с успехом применяются сдвоенные газогенераторы и газогенераторы с двойной зоной горения.

КОНСТРУКЦИИ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ

В практике имеется чрезвычайно большое количество разновидностей газогенераторов, в зависимости от рода газифицируемого топлива, производительности, степени механизации, состава потребного газа и назначения газогенератора. Ниже будут рассмотрены лишь газогенераторы, предназначенные, главным образом, для газосиловых установок.

Поскольку внедрение местных топлив в энергетическое хозяйство, в том числе и в газогенераторные установки, как действующие, так и проектируемые, является насущной задачей народного хозяйства, преимущественное место в описании конструкций газогенераторов будет уделено газогенераторам на торфе, буром угле и других низкосортных видах топлива.

Сравнение упрощенной схемы газогенератора прямого процесса (рис. 1) с более сложными схемами газогенераторов наглядно видно из рассмотрения нижеследующих конструкций.

Среди стационарных газогенераторных установок небольших мощностей, можно часто встретить, получившие в свое время довольно широкое распространение и встречающиеся поныне в практике в большом количестве установки типа Дейц.

На рис. 4 представлен эскиз одной из разновидностей этой установки.

Установка интересна рядом своих особенностей. Газогенератор построен по принципу двухзонного горения. Такие генераторы находят себе вполне заслуженное применение для смолистых топлив. Данная установка предназначена для газификации растительных отходов и древесных отбросов.

Установка состоит из: газогенератора, холодильника - очистителя — *l*, скруббера — *к*, сухого очистителя — *т*, газового горш-

ка — *п*. Газогенератор состоит из металлического кожуха, выложенного внутри огнеупорным кирпичем. Для уменьшения потери тепла от излучения в окружающую среду между кладкой и кожухом находится изоляционный материал.

Воздух поступает в шахту через отверстия, расположенные по окружности генератора, а также по центральному воздухо-

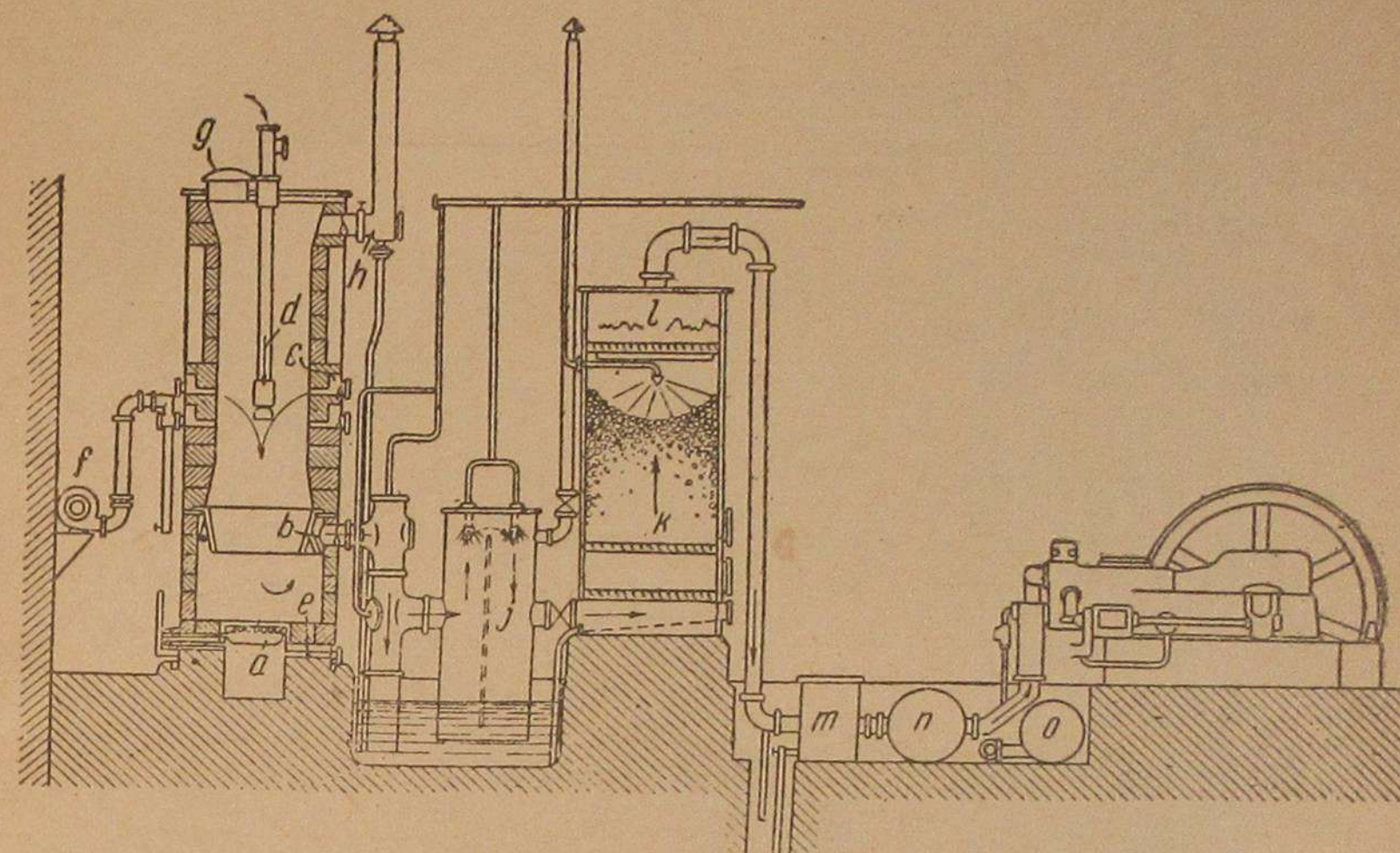


Рис. 4

проводу. На уровне подвода воздуха развивается зона горения, откуда газы проходят через восстановительный слой к газоотборочному патрубку *б*. На уровне патрубка установлен конус, который служит для устранения засорения патрубка и равномерного забора газа по поперечному сечению шахты.

Из зоны восстановления топливо спускается на колосниковую решетку, где соединяется с воздухом, проходящим под решетку и сгорает до минерального остатка.

Полученный в нижней части газогенератора газ проходит через зону восстановления, где происходит реакция $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ и далее присоединяется к общему потоку газа, направленному к выходному отверстию. Движение газа происходит за счет всасывающего действия двигателя. Для розжига газогенератора и выпуска газа в атмосферу, установлены вентилятор *ф* и дымовая труба с задвижкой — *h*.

В случае газификации топлива с повышенной влажностью, во время работы установки, труба остается открытой для выпуска паров воды из шахты наружу.

Из газогенератора при температуре 350—450° Ц и выше газ поступает в очиститель *l*, где под действием водяной струи про-

исходит охлаждение газа и очистка его от пыли и других примесей. Окончательная очистка газа происходит в скруббере, заполненном коксом — К, откуда газ поступает в сушильную камеру — I. Остальная часть влаги удаляется в очистителе с отражательными пластинами — т. Из очистителя, газ поступает в газовый горшок — п и оттуда в двигатель.

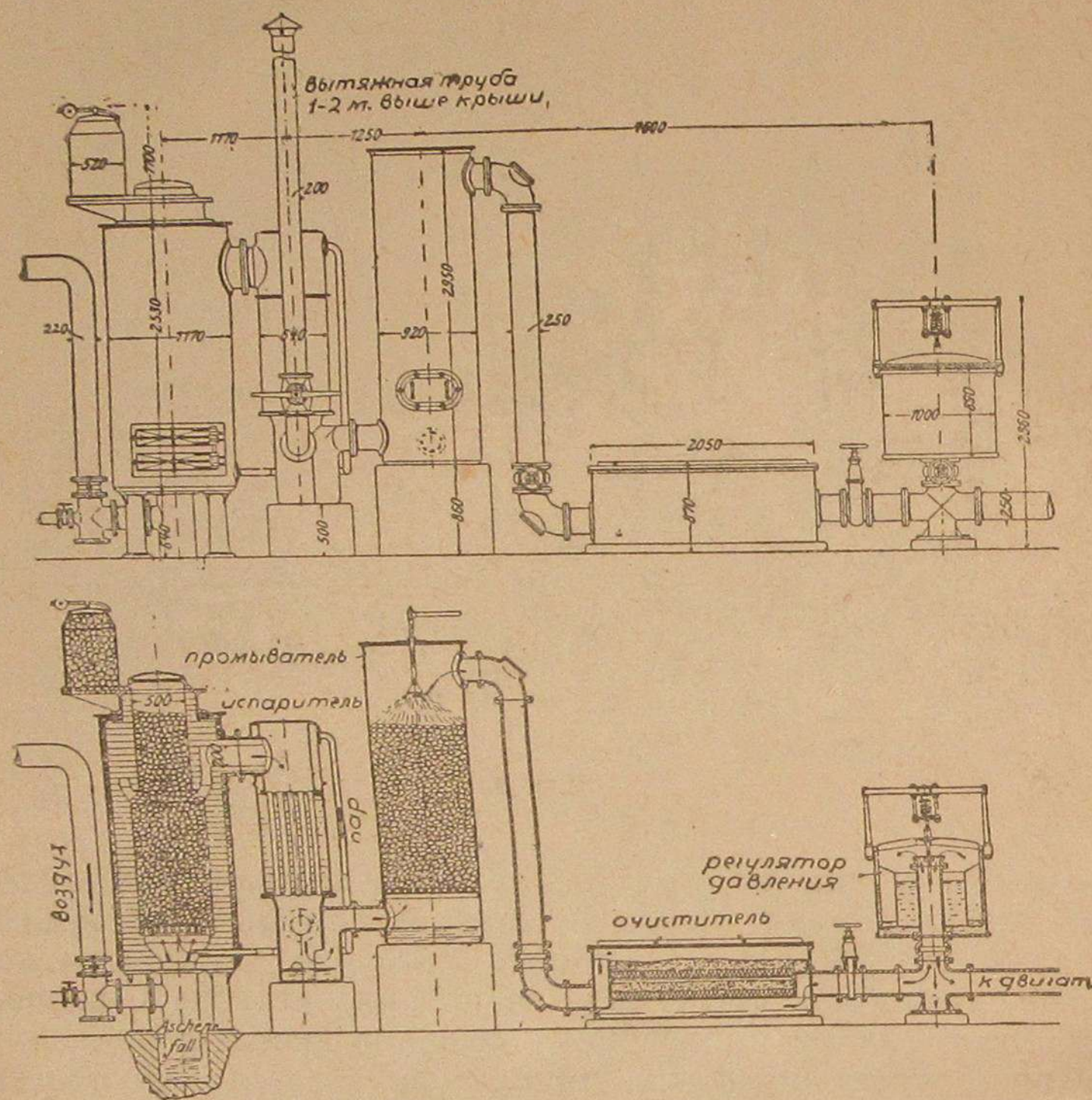


Рис. 5

При газификации древесной мелочи, стружек и опилок в зоне сухой перегонки выделяются пары смол, вызывающие слипание древесной мелочи в общую массу.

Вследствие этого прекращается движение топлива в шахте и равномерное распределение воздуха.

Ручная шуровка слоя, обычно нужных результатов не дает. Применение механических приспособлений также полностью не устраняет оседания мелких частиц горючего вместе с золой на решетку и образования плотного слоя, трудно проницаемого для воздуха и газа. Это затруднение устраняется при помощи воздухопровода, находящегося под решеткой, снабженного клапаном с пружиной.

С увеличением сопротивления слоя разрежение в шахте увеличивается; клапан остается закрытым до момента образования вакуума определенного значения, после чего клапан мгновенно открывается и впускает большой объем воздуха, который разрыхляет слой.

В виде примера газосасывающей установки для бессмольных топлив (прямой процесс) — антрацита или кокса, на рис. 5 приводится конструкция Пинча.

Показания на этом рисунке газосасывающей генераторной установка рассчитана на питание двигателя мощностью 100 л. с. Интересна здесь конструкция крышки и загрузочной воронки, которые помещаются на плите, в форме сектора с центром вращения сбоку. При засыпке топлива в шахту воронку поворачивают и ставят над шахтой. Примыкающая к воздухопроводу (слева внизу) узкая труба, служит для подачи воздуха вентилятором во время растопки.

Значительный интерес представляет установка системы Герлицкого машиностроительного завода для получения силового газа из торфа (обратный процесс).

На рис. 6 показана схема газогенератора. На схеме виден ход газов и воздуха; а — загрузочная воронка, б — полые опоры генератора, через которые проходит воздух в кольцевое пространство кожуха, где он подогревается и вступает в верхнее пространство шахты через клапан. Для случая очень влажного торфа предусмотрена возможность излишний пар выпускать в дымовую трубу; горячий же воздух идет тогда из кожуха шахты через специальный клапан в генератор, с — шурозочные и смотровые отверстия.

Ниже приводим данные опытной газификации, в рассматриваемой установке, торфа двух различных составов:

	(в кг)	
	I состав	II состав
С (углерод)	0,295	0,416
Н (водород)	0,030	0,041
О (кислород)	0,195	0,263
W (вода)	0,455	0,238
А (зола)	0,025	0,042
Всего	1,000 кг	1,000 кг

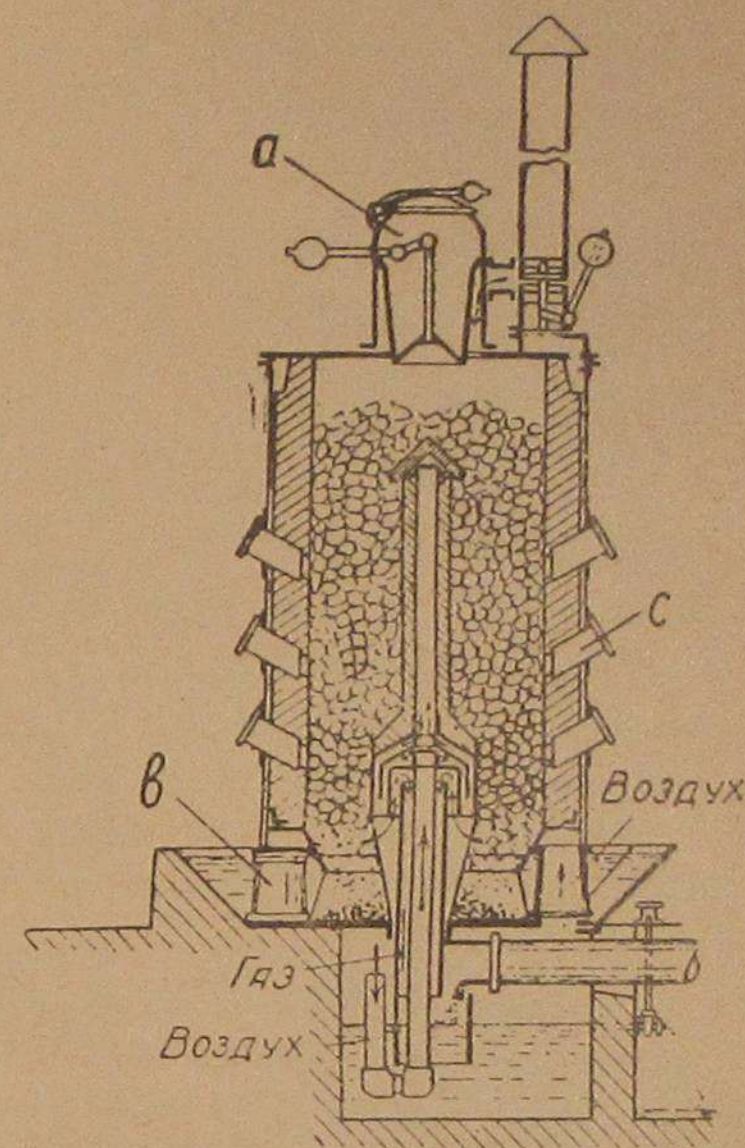


Рис. 6

Рабочая теплотворная способность — 2360 кал/кг 3585 кал/кг

Состав газа:

	Для I состава	II состава
CO ₂ (углекислота)	0,150	0,123
C _m H _m (углеводороды)	0,002	0,011
O ₂ (кислород)	0,003	0,010
CO (окись углерода)	0,150	0,160
CH ₄ (метан)	0,008	0,013
H ₂ (водород)	0,192	0,171
N ₂ (азот)	0,497	0,522

Низшая теплотворная способность газа, при 0° Ц и 760 мм, соответственно равна — 1028 и 1120 кал/м³.

	Для I состава	II состава
Выход газа из 1 кг торфа	1,73 м ³	2,59 м ³
Коэффициент полезного действия	75,3 %	80,9 %
Мощность двигателя	223,5 и. л. с.	314,0 и. л. с.

Расход торфа, в зависимости от нагрузки, колебался в пределах от 0,99 до 1,45 кг на 1 л. с. ч.

При конструировании торфяных силовых газогенераторов, центральным вопросом является полное освобождение газа от смол.

Возможность получения силового газа из торфа является вполне доказанной и проверена на практике. В отдельных конструкциях должны быть только отражены особенности того или иного вида торфа. Так, например, при газификации украинских торфов, как правило, многозольных, необходим специальный учет этого обстоятельства при конструировании золоудаляющей части газогенераторов; в других случаях должна быть учтена степень плавкости золы, влажность торфа и ряд механических свойств, в частности, его крошимость.

В практике нашли себе место торфяные газогенераторы с тремя комбинированными зонами: первая зона — где происходит отгонка смол, вторая — где происходит превращение смол в постоянные газы и третья зона в нижней части генератора, заполненная вполне скоксовавшимся торфом, но для превращения которого в газ также подается воздух. Отсасывание газа из генератора происходит между второй и третьей зоной.

В зависимости от размеров торфяных газогенераторов, торф, перед забрасыванием в шахту подвергается дроблению. Обычно, если генераторы не опущены относительно уровня земли, торф из дробилок подхватывается элеватором и поднимается в бункер, откуда распределяется в загрузочные устройства. Дробление торфа нужно для того, чтобы обугливание торфа, отгонка смол в верхней зоне происходило по возможности быстрее и совершеннее. Чем больше размеры газогенератора, тем больше такое дробление торфа теряет свое значение.

В генераторах производительностью 0,6—1 тн торфа в час и выше дробление торфа в большинстве случаев оказывается излишним.

При конструировании торфяных газогенераторов, кроме учета необходимости освобождения от смол, требуется учитывать возможность работы газогенераторов на торфе повышенной влажности. Если генератор загрузить слишком влажным торфом, то можно, в конце концов, довести процесс до такого состояния, что благодаря большой затрате тепла на испарение воды, зона горения начнет понижаться и генератор может совершенно заглохнуть.

При большой влажности торфа необходимо заботиться о том, чтобы часть водяного пара выпускать наружу. В крышке генератора должна быть специальная труба с задвижкой, которая служит обычно для выпуска газов во время стоянки двигателя, когда в газогенераторе поддерживается огонь. Во время работы двигателя эта труба всегда закрыта. В тех случаях, когда приходится работать с торфом влажностью 45—50% задвижка открывается и часть водяных паров выпускается наружу.

При работе на обычном воздушно-сухом торфе этим пользоваться не приходится.

Для крупных газогенераторных установок, работающих на торфе, большое экономическое значение приобретает использование побочных продуктов газификации. При больших количествах газифицируемого торфа и надлежащем химическом его составе сооружение специальных устройств по извлечению и переработке отходов газификации торфа является рентабельным.

В Италии лучшим способом использования торфа признана его газификация с целью получения как силового газа, так и в максимально возможных количествах смолы и серно-кислого аммония.

Для этих целей основным типом газогенератора был выбран генератор большой производительности с гидравлической загрузкой и удалением золы системы Риччи-Гоццо. Газогенератор Риччи-Гоццо имеет цилиндрическую шахту, насаженную на такой-же формы основание, на котором установлено 8 неподвижных колосниковых решеток (рис. 7а).

Колосниковая решетка имеет пирамидальную форму. Внизу по трубе 18 вводится смесь воздуха и пара. Шахта генератора имеет высоту 7,5 метров, в диаметре — 5 метров.

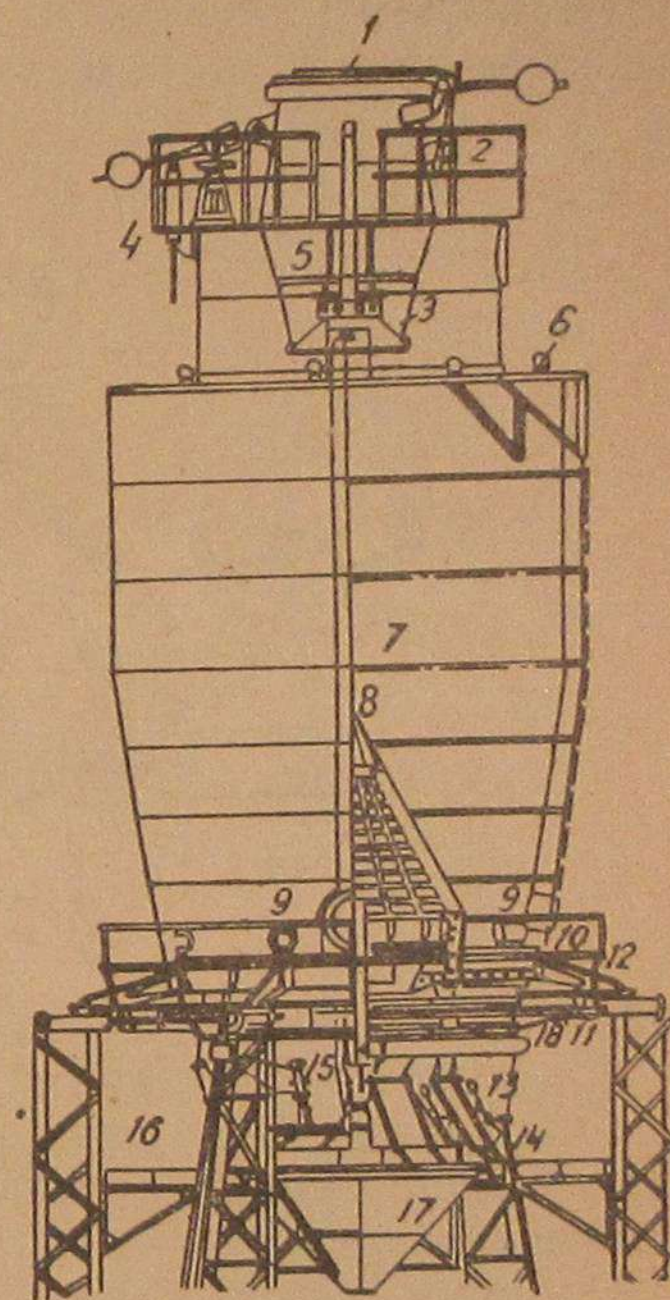


Рис. 7

Загрузка торфа составляет 3—5 т в час.

Приемная воронка газогенератора имеет двойной затвор: верхний — крышка 1 и внутренний — рычажная колоколообразная заслонка — 3. Оба затвора работают гидравлическим способом и управляются рычагами 2 и 4.

Рычажной регулятор 5 действует на верхнюю и внутреннюю крышки затвора таким образом, что при открывании крышки 1, внутренняя — 3 остается закрытой и наоборот. Зола, перед поступлением в зольную камеру собирается в кольцевом пространстве между пирамидальной колосниковой решеткой и стен-

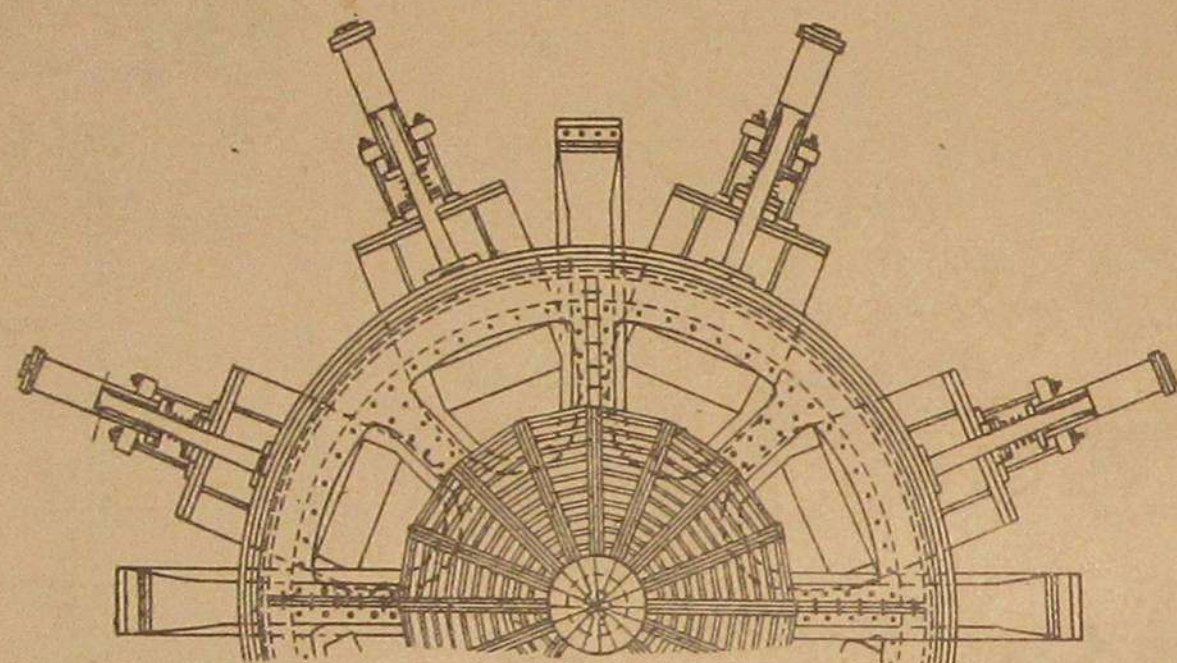


Рис. 7а

кой шахты. Зольные камеры перекрываются помощью шиберов и управляются гидравлически.

Гидравлическое управление загрузкой топлива и выгрузкой золы обеспечивает автоматичность и безукоризненность работы газогенератора.

Средний выход газа в газогенераторе Риччи-Гоццо на итальянском торфе (приближающемся по своему составу к украинскому низинному торфу Ас 20—30%) по данным испытаний составляет 2 м³ на 1 кг сухого торфа при к. п. д. газификации — 71,7%.

Содержание сульфат-аммония составляет 24,2 кг на 1 м³ или 45 кг с 1 тн воздушно-сухого торфа. Это соответствует использованию 65—70% азота в торфе.

На газогенераторной установке, оборудованной газогенераторами Риччи-Гоццо в провинции Монтуя газифицировали до 30 тысяч тн торфа в год. при этом было получено 38 млн. куб. м газа, 1700 тн серно-кислого аммония и 1000 тн смолы.

Большое распространение получили в настоящее время газосиловые установки на базе двигателей Дизеля, переделанных для работы на газовом топливе. В СССР выпуск таких установок нарастает с каждым годом, захватывая все большее количество типов двигателей. Газосиловые установки выпускаются обычно

заводами изготовителями комплектно, т. е. вместе с двигателем поставляется газогенераторная и очистительная установка.

Ниже рассмотрим типовую газогенераторную установку для двигателя 4ГЧ 26/38, спроектированную научно-исследовательским дизельным институтом и выпускаемую заводом „Двигатель Революции“ (мощность установки — 140 л. с.).

Данная газогенераторная установка рассчитана для работы на древесных чурках размером 200 × 80 × 80 мм с влажностью 30% и состоит из следующих элементов:

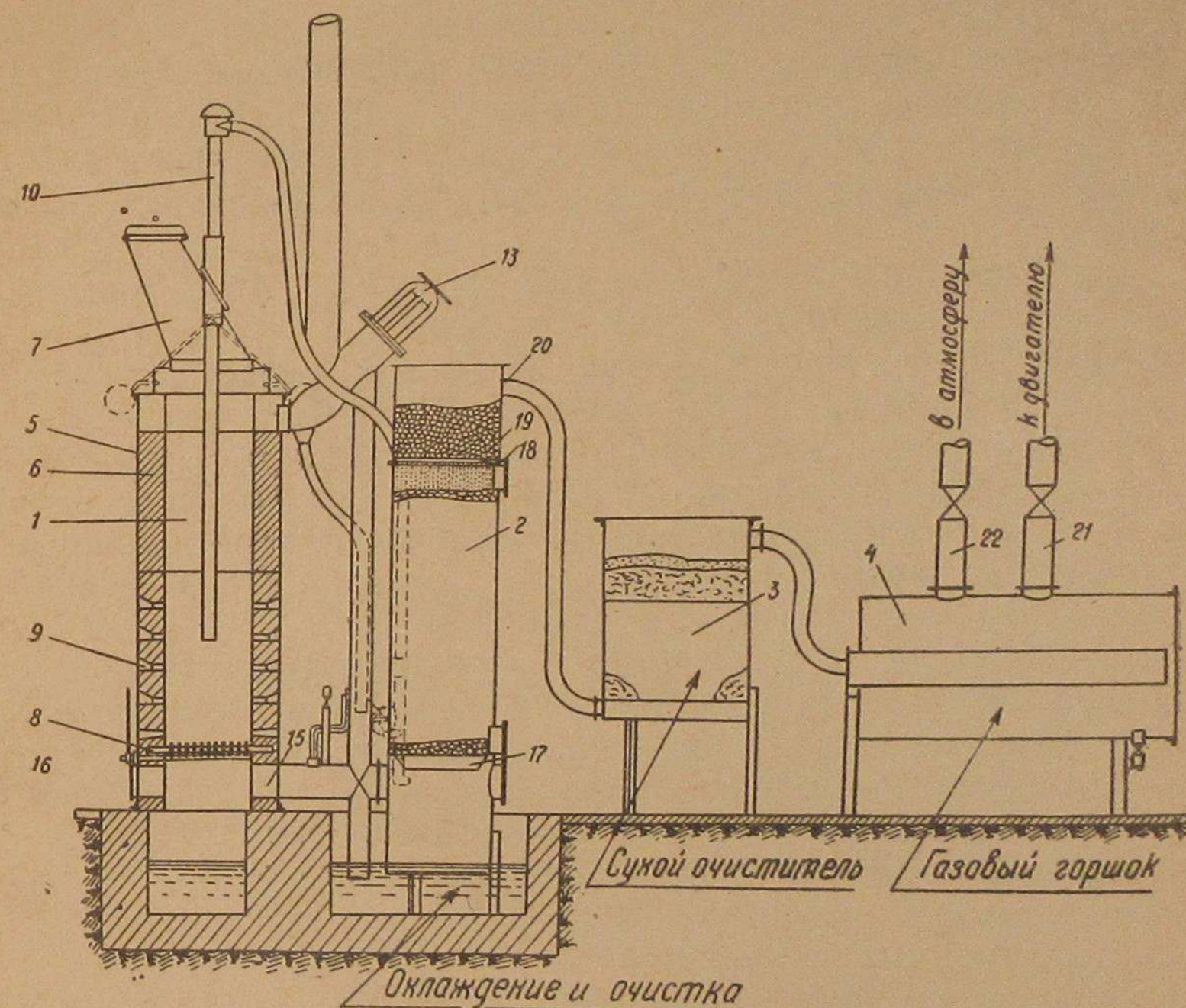


Рис. 8

1. Газогенератора обратного (обращенного) процесса. 2. Водяного охладителя и очистителя. 3. Сухого очистителя, и 4. Газового горшка.

Схема установки представлена на рис. 8.

Шахта газогенератора выложена внутри шамотным кирпичем (6) и охвачена железным кожухом (5).

Сверху шахты расположена загрузочная воронка (7), с верхним и нижним затворами, открываемыми при помощи системы рычагов с грузами.

Внизу шахты находится решетка (8) с колосниками гребенчатой формы.

Для сбрасывания с решетки золы, колосники приводятся в качательное движение от ручного привода. Воздух для горения топлива подводится через фурмы (9), расположенные в кожухе и футеровке газогенератора.

Для развития горения топлива в центре шахты, подается воздух по трубе (10), опущенной по вертикальной оси генератора.

От верхней части шахты выходит наружу дымовая труба с задвижкой (13).

На уровне решетки устроена дверца для ремонта решетки, наблюдения, а также для розжига газогенератора.

Под решеткой устроено отверстие (15) для выхода газа. Для раздувки газогенератора и нагнетания газа к двигателю перед пуском, установлен ручной вентилятор.

В фундаменте под газогенератором устроен зольник (16), заполненный водой, из которого зола удаляется через боковое отверстие.

За газогенератором расположен скруббер, предназначенный для мокрого охлаждения и очистки газа.

Скруббер представляет собой железный резервуар установленный на фундамент на 3-х стойках. В целях обеспечения свободного стока воды, смолы и др. посторонних примесей, скруббер устроен без нижнего днища. Для устранения подсоса воздуха, нижняя кромка кожуха опущена в воду. Благодаря сливному отверстию, уровень воды в яме сохраняется постоянным. Внутри скруббера приварен конус (17) для отделения от газа мелких частиц угля, золы и пыли. Зольник (16) и водяной затвор под скруббером являются также предохранительными водяными затворами. Назначение их, как предохранительных затворов (клапанов с сильно развитыми сечениями), следующее: Если при открытой дымовой трубе будет оставлена открытой вентилирующая труба (22) и двигатель не будет работать, то возникающая тяга от трубы (22) через всю систему к дымовой трубе (12) вызовет проникновение воздуха внутрь системы. Воздух, смешавшись с газом и проникнув до раскаленной зоны, даст вспышку. Вследствие этого повысится давление внутри системы. Благодаря же водяному затвору давление не может превысить высоту столба воды, на которую погружена кромка скруббера.

Над конусом установлена решетка, на которой загружен слой кокса. Сверху, кокс орошается холодной водой, подводящейся от наружного водопровода к водяному распылителю (18).

Над распылителем находится вторая решетка (19) с коксом, который задерживает уносимые газом частицы воды.

Сверху скруббера имеется отверстие (20) для выхода холодного газа.

Для тонкой очистки газа и задержки отдельных капель воды служит сухой очиститель. В качестве фильтра в сухой очиститель загружается на решетку металлическая стружка, а сверху древесная стружка с опилками.

В целях устранения уноса опилок и их разрыхления, — сверху укладывается сетка или металлическая стружка.

За сухим очистителем установлен газовый горшок, от которого выходит газопровод с задвижкой (21) к двигателю и трубопроводу с задвижкой (22) для отвода газа наружу.

Для контроля температуры газа в горячем и холодном его состоянии, за газогенератором, на выходящем патрубке, устанавливается термометр с гальванометром или ртутный термометр до 600° Ц, а после сухого очистителя установлены водяные манометры.

Завод им. 25 Октября выпускает газогенераторную установку для двигателя 2 - ГЧ^{26/38} (70 л. с.).

Размер древесных чурок принимается 80×80×120 мм.

Основные размеры газогенератора:

Диаметр шахты 650 мм, высота шахты от колосниковых решеток до нижних кромок затвора — 3600 мм.

Газогенераторная установка к двигателю 2 - ГЧ^{26/38} отличается от описанной выше газогенераторной установки к двигателю 4 - ГЧ - ^{26/38}, помимо меньших размеров, еще следующим:

Вместо отдельного мокрого и сухого очистителя газа у газогенераторной установки с двигателем 4 - ГЧ - ^{26/38}, данная установка, вследствие меньшего объема вырабатываемого газа, имеет один комбинированный холодильник - очиститель.

Значительное распространение начинают получать также газогенераторы на обычных швырковых дровах.

На рис. 9 показан разрез дровяного газогенератора, предназначенного к работе на швырковых дровах в газогенераторной установке мощностью 70 л. с.¹⁾

При конструировании газогенератора учтено требование свести к минимуму расходование дефицитных видов строительных

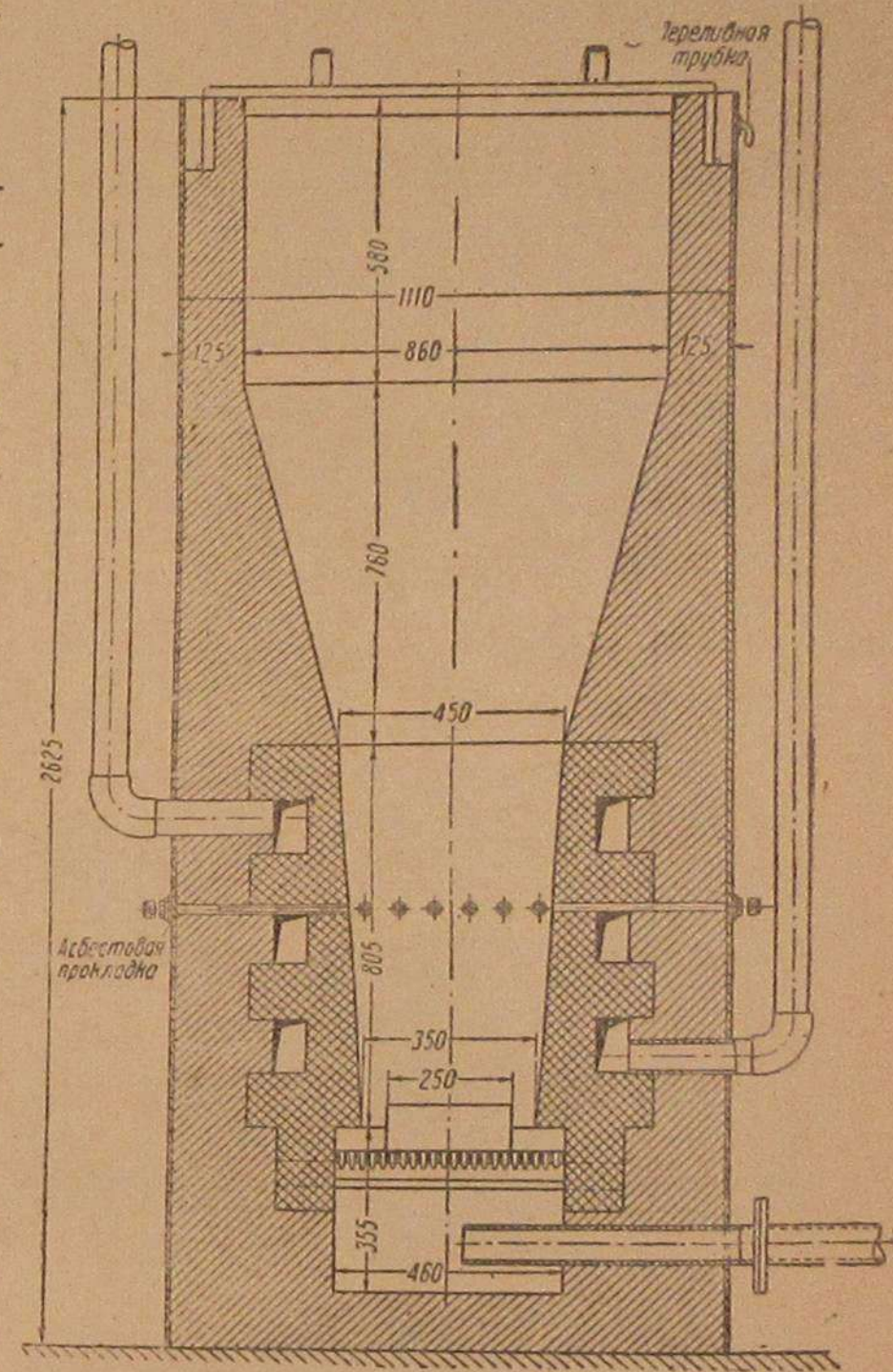


Рис. 9

¹⁾ Инж. Васьков — Лесная Индустрия № 12 — 1939 г.

материалов и всемерно упростить конструкцию. Как видно на рис. 9 газогенератор работает по опрокинутому процессу газификации, имеет сильно развитую восстановительную зону, рассчитанную на применение крупносортного топлива.

Вся генераторная шахта построена из красного кирпича и для лучшей герметичности одета в кожух из кровельного листового железа.

Бункер имеет в разрезе прямоугольную форму.

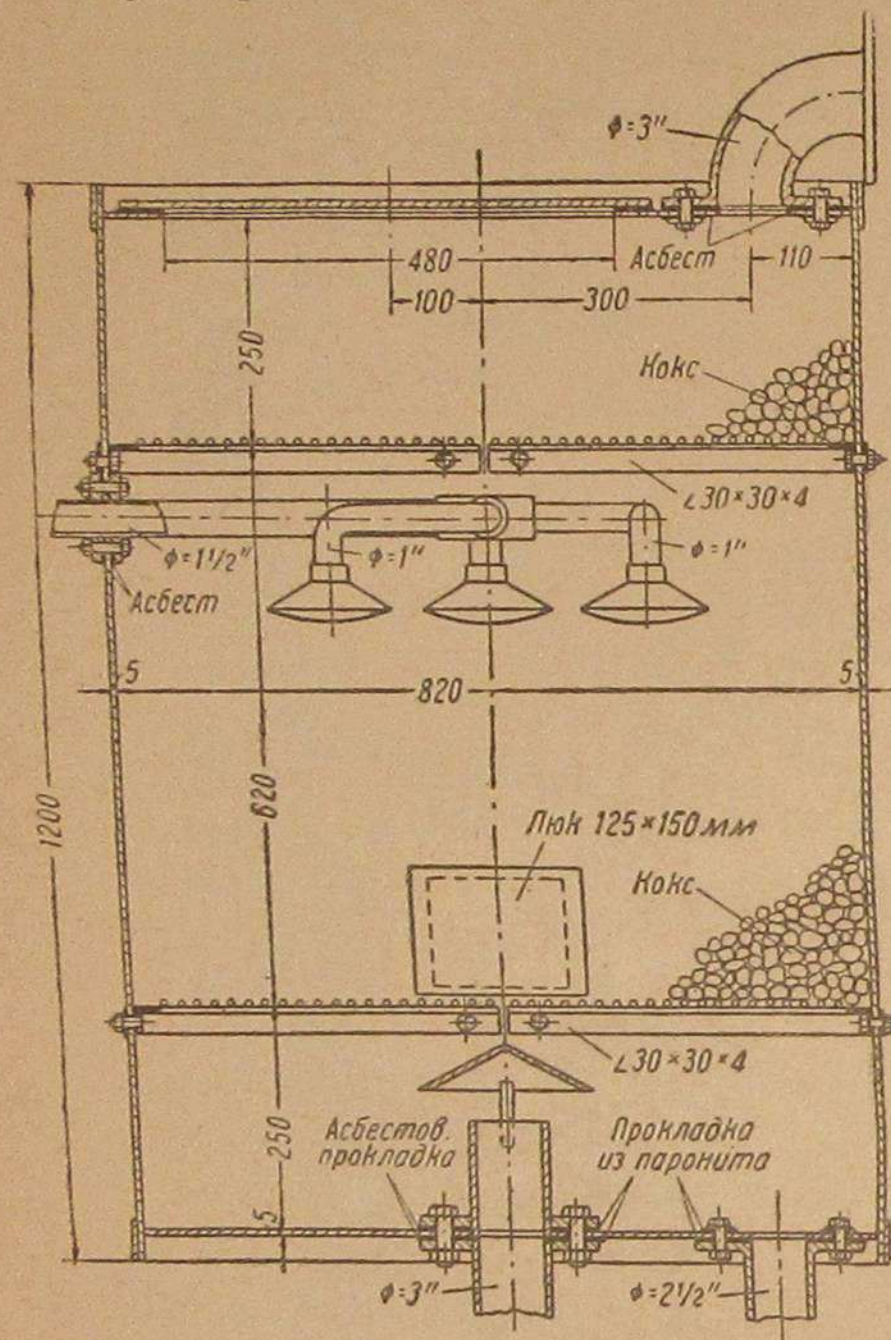


Рис. 10

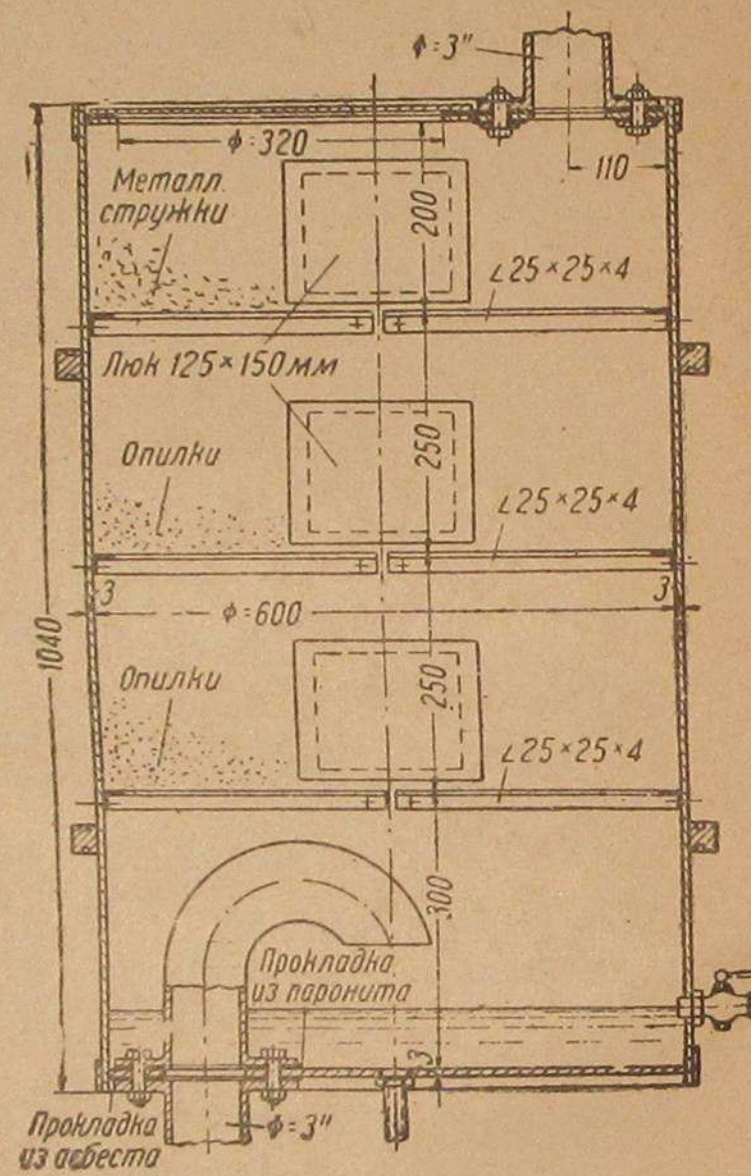


Рис. 11

Камера газификации зафутерована нормальным огнупорным кирпичем и опоясана воздухоподогревательным каналом.

Первичный воздух, необходимый для газификации поступает по двум трубам извне помещения и соприкасаясь с горячими стенками канала подогревается, примерно, до 100° Ц.

Газ отсасывается двигателем из зольника.

Для шуровки дров в бункере в месте перехода последнего в камеру газификации поставлена герметическая дверца с винтовым зажимом. Полная строительная высота газогенератора 2625 мм при сечении 1100 × 1100 мм.

Скруббер (рис. 10) представляет собой железную бочку емкостью 500 л. т. е., примерно, 7 л на 1 лош. силу час.

Скруббер состоит из трех отделений. В центр нижнего отде-

ления вводится газопроводная труба от газогенератора. Над газоподводящей трубой помещен конусообразный колпачек, предохраняющий трубу от попадания в нее воды.

Среднее отделение ограничивается от верхнего и нижнего отделений железными решетками из 5 мм проволоки, на которые уложена насадка скруббера (кокс).

Вода подается к разбрызгивателям по трубе диаметром 38 мм, от которой через крестовину пускается к трем разбрызгивателям. Сухой очиститель (рис. 11) изготавливается также из железной бочки емкостью 250 л. Очиститель имеет три перегородки из металлической сетки. На двух нижних решетках уложены предварительно высушенные древесные опилки, а на верхней — металлические тонкие стружки от токарного станка.

На дно сухого очистителя налито отработанное масло от двигателя, служащее для улавливания крупных капель влаги, смолы и механических примесей, прошедших скруббер.

Для полного сжигания смолистых погоньев, в особенности при применении в качестве топлива хвойных пород, необходимо в камере газификации иметь возможно более высокие температуры. Для этого требуется достаточное напряжение сечения камеры газификации и высокие скорости подачи первичного воздуха. Как показывают опыты, достаточным напряжением сечения камеры газификации для дровяных газогенераторов является сжигание около 500 кг/м² в час, в лучших конструкциях эта величина доходит до 800 кг/м², при чем газ обезсмоливается почти полностью.

В рассматриваемом газогенераторе за проектировано напряжение 600 кг/м² в час.

Для равномерной подачи воздуха по всему сечению камеры газификации, в ней предусмотрено 20 фурм диаметром 12 мм.

Для удобства изготовления и монтажа скруббера и сухого очистителя все фланцевые соединения расположены на днищах железных бочек и выполнены на болтах с асбестовыми прокладками.

Вполне современный газогенератор, выдающий силовой смешанный газ, показан на рис. 12. Газогенератор работает на каменном угле.

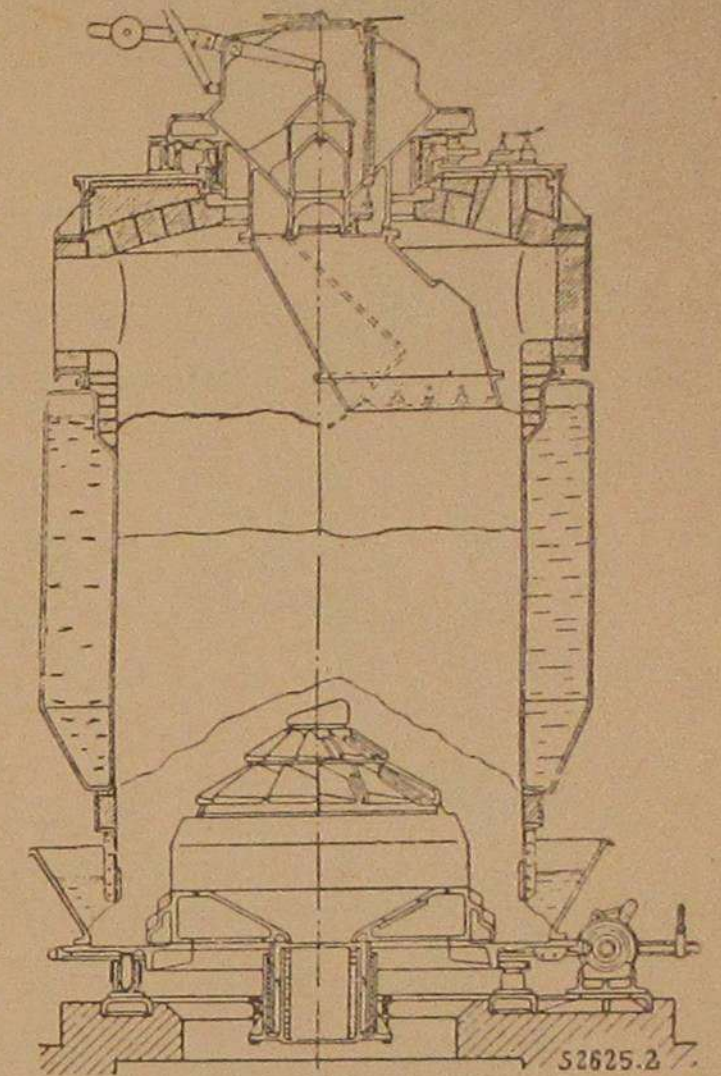


Рис. 12

Важнейшей его частью является вращающаяся колосниковая решетка диаметром в 2,7 м, расположенная в два ряда. Газогенератор снабжен водяной рубашкой, что дает возможность получать необходимое количество пара для процесса газификации. Топливо поступает в генератор автоматически. В самом газогенераторе топливо распределяется специальным механическим приспособлением. Удаление шлаков так регулируется, чтобы шлаковая зона всегда оставалась более или менее неизменной. Это дает возможность при незначительном участии ручного труда создать устойчивое ложе для горючего и способствует постоянству качества газа.

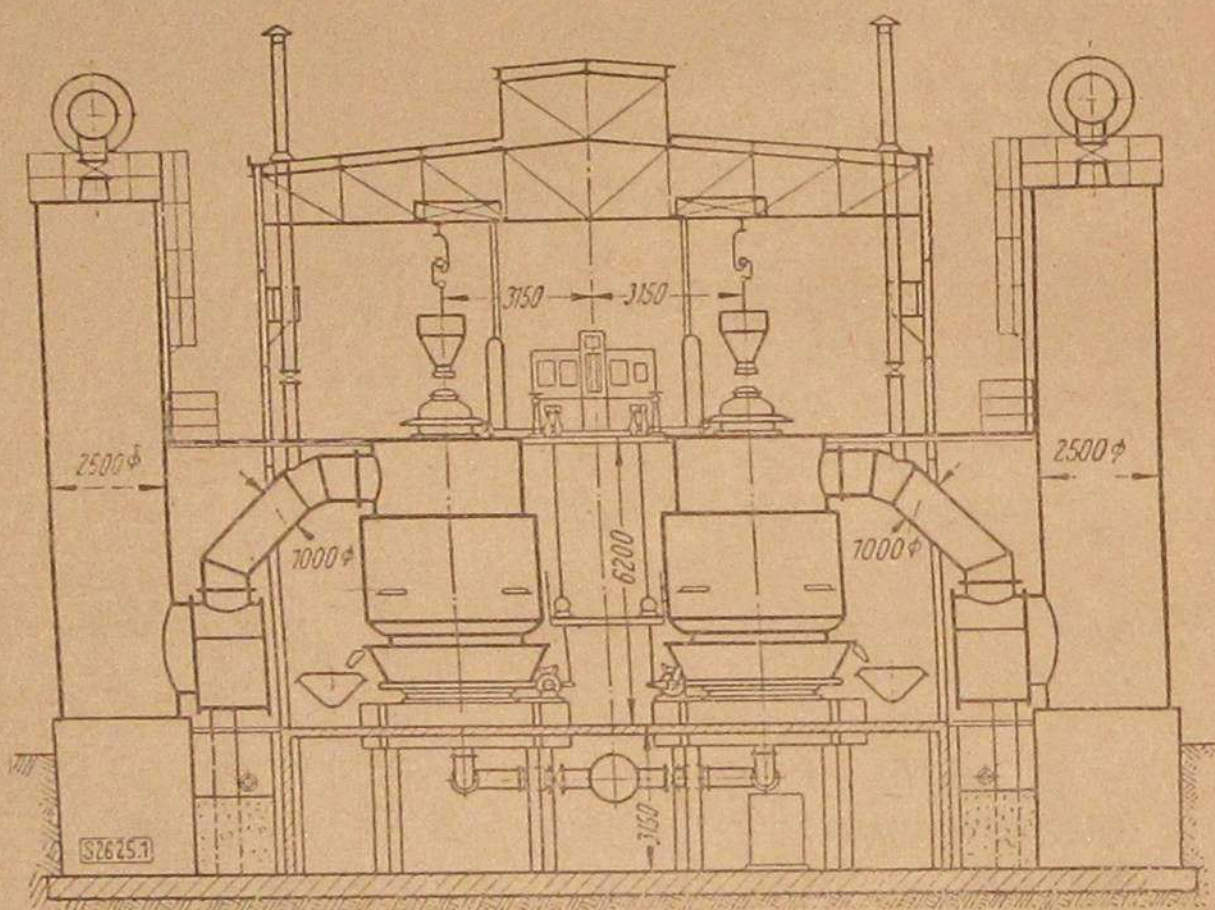


Рис. 12 а.

В тех случаях, когда применяется для газификации топливо свободное от смол, очистка газа весьма несложна. Газ, выходящий из генератора, проходит через водяной фильтр, где отделяются наиболее грубые механические примеси (коксовая мелочь и др.), которые в дальнейшем удаляются в виде шлама. Из грубого водяного фильтра газ поступает в специальный отмывочный охладитель, в котором вследствие противотока газа и воды, газ охлаждается и отмывается от прочих примесей.

Промывочная вода после отстойника и специального коксового фильтра поступает в градирню, откуда снова возвращается в установку.

На рис. 12 а показан разрез газогенераторной установки, состоящей из 2-х описанных выше механизированных газогенераторов.

На рис. 13 показан антрацитовый газогенератор, разработанный в НИДИ. Данный газогенератор может обеспечить газом двигатель мощностью 140 л. с.

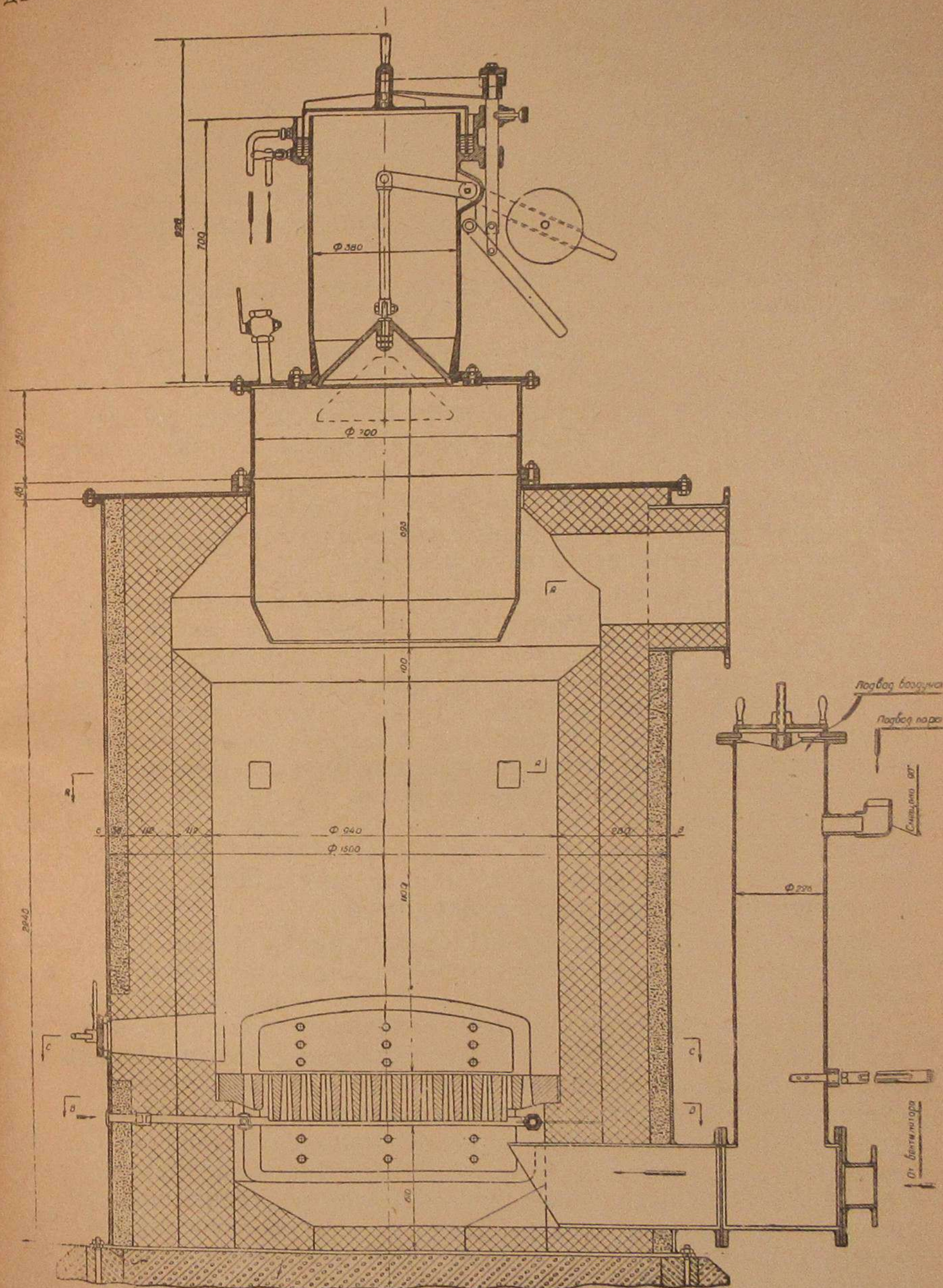


Рис. 13

Вопросы золоудаления и конструкции колосниковых решеток. Удаление золы является важнейшим фактором в конструировании и эксплуатации газогенераторов.

Рассматривая основные требования, предъявляемые к конструкциям решеток газогенераторов, необходимо отметить следующие:

1. Решетка должна создать условия равномерного распределения поступающего в газогенератор воздуха и пара.

2. Удаление золы из газогенератора в процессе его работы должно производиться без ущерба для бесперебойной работы установки.

3. Конструкция и материал решетки должны быть достаточно устойчивыми механически и термически.

4. Конструкция решетки должна обеспечивать равномерное и достаточное поступление воздуха для процесса.

Золоудаляющие устройства делятся в основном на две категории: устройства с ручным золоудалением и с механическим золоудалением.

В газогенераторах небольшой мощности, работающих на топливах с малой зольностью ручное золоудаление является обычно экономически наиболее целесообразным.

На крупных установках, где требуется газификация в единицу времени больших количеств топлива, вопросы увеличения напряжения газогенератора или, что то же, увеличение количества газифицируемого топлива, приходящегося на единицу площади решетки, приобретают особое значение. В этих случаях, вполне оправданным, является стремление к максимальной механизации газогенератора. Применительно к крупным газогенераторам такая механизация себя быстро окупает. В тех случаях, где увеличение мощности установки сочетается с применением многозольных топлив, что связано с необходимостью бесперебойно удалять большие количества золы и шлаков, механизация, в первую очередь, решетки оказывается необходимой.

На рис. 14 и 14а показаны газогенератор и отдельно механическая решетка к нему сист. Керпели. Разработанная Керпели конструкция решетки в значительной части разрешает вопросы не только механического удаления больших количеств золы из газогенератора, но в ряде случаев устраняет очень серьезную опасность зашлаковывания и связанного с этим неравномерного распределения воздуха и неправильного сгорания топлива.

Основной частью газогенератора Керпели является эксцентрически поставленная круглая решетка с большой поверхностью и с относительно незначительной высотой. В цилиндрической части решетки имеются дутьевые каналы для обеспечения выгорания золы. Показанная на рисунке чаша заливается водой, в которую погружается нижняя часть стенок газогенератора — это

изолирует генератор от наружного воздуха, создавая необходимый гидравлический затвор.

Водяная ванна облегчает удаление шлаков. Горячая зола перед удалением гасится, от резкого охлаждения шлаковые комья распадаются, а получающийся при этом пар поддерживает химические процессы в газогенераторе; это же предохраняет вышележащие слои от образования шлаков.

Выгрузка золы производится шлаковым ножом — лемехом, установленным на неподвижном кожухе генератора и задерживающим при движении чаши накопившийся шлак. Нож, при помощи винта с маховиком, может по мере надобности опускаться

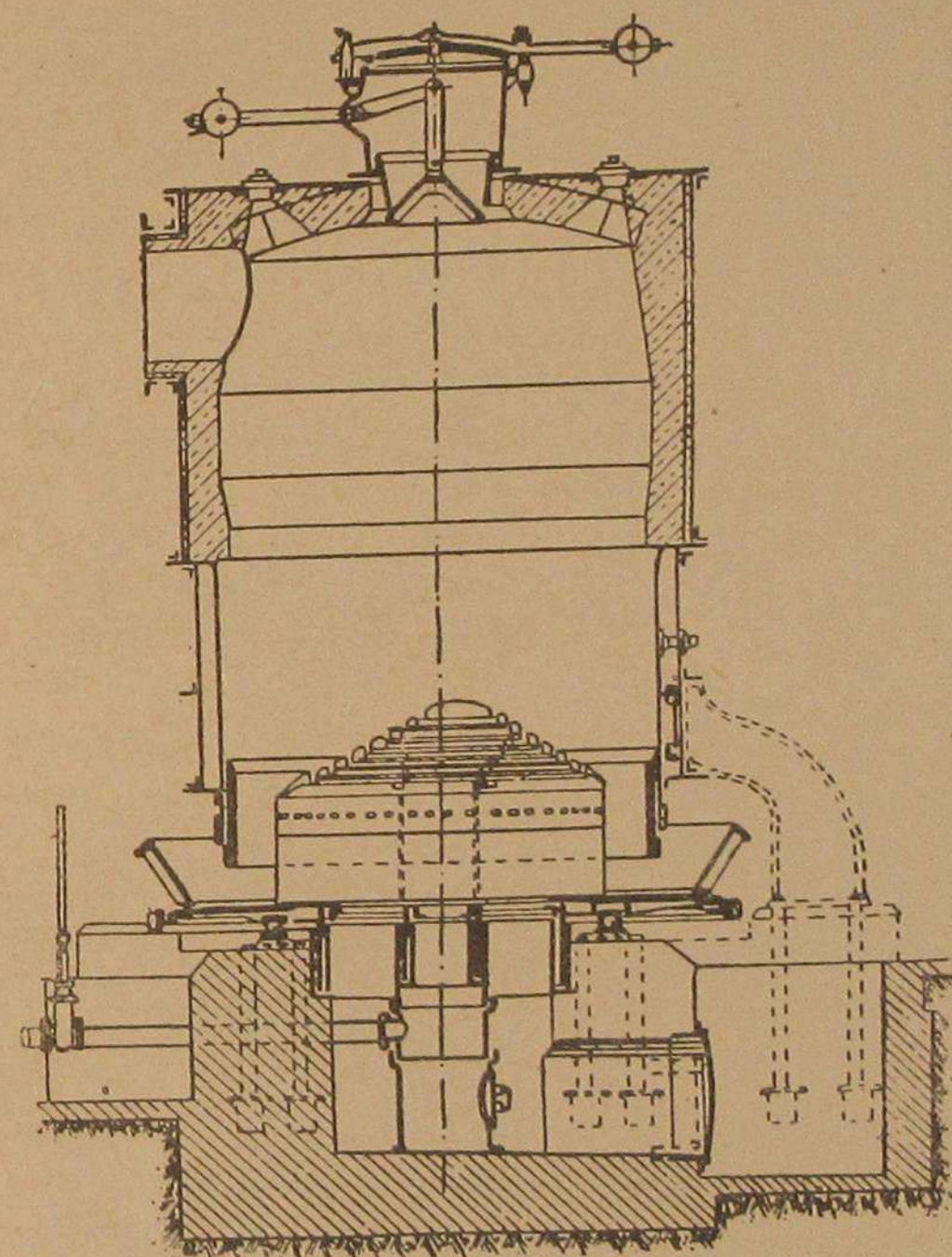


Рис. 14

и подниматься, что важно при газификации топлив с различным содержанием балласта и с переменной интенсивностью процесса.

Колосниковая решетка, вращаясь, воздействует на слой топлива, обеспечивает равномерное распределение дутья; разрушение шлака под действием решетки способствует полному выгоранию из него углерода. Если в обычных газогенераторах с немеханизированной решеткой содержание углерода в золе лежит в пределах 10—20%, а иногда доходит и до 30%, то содержание углерода в золе в газогенераторе с механизированной решеткой

Керпели лежит, для топлив того же порядка, в пределах 1,0—5,0%.

Как видно из рисунка 14а, на котором представлена решетка Керпели в разрезе и плане, основание у решетки многоугольное и вытянутое, а вертикальные бока переходят вверху в пирамиду состоящую из нескольких рядов литых сегментов. Эти сегменты лежат один на другом и связаны центральным болтом.

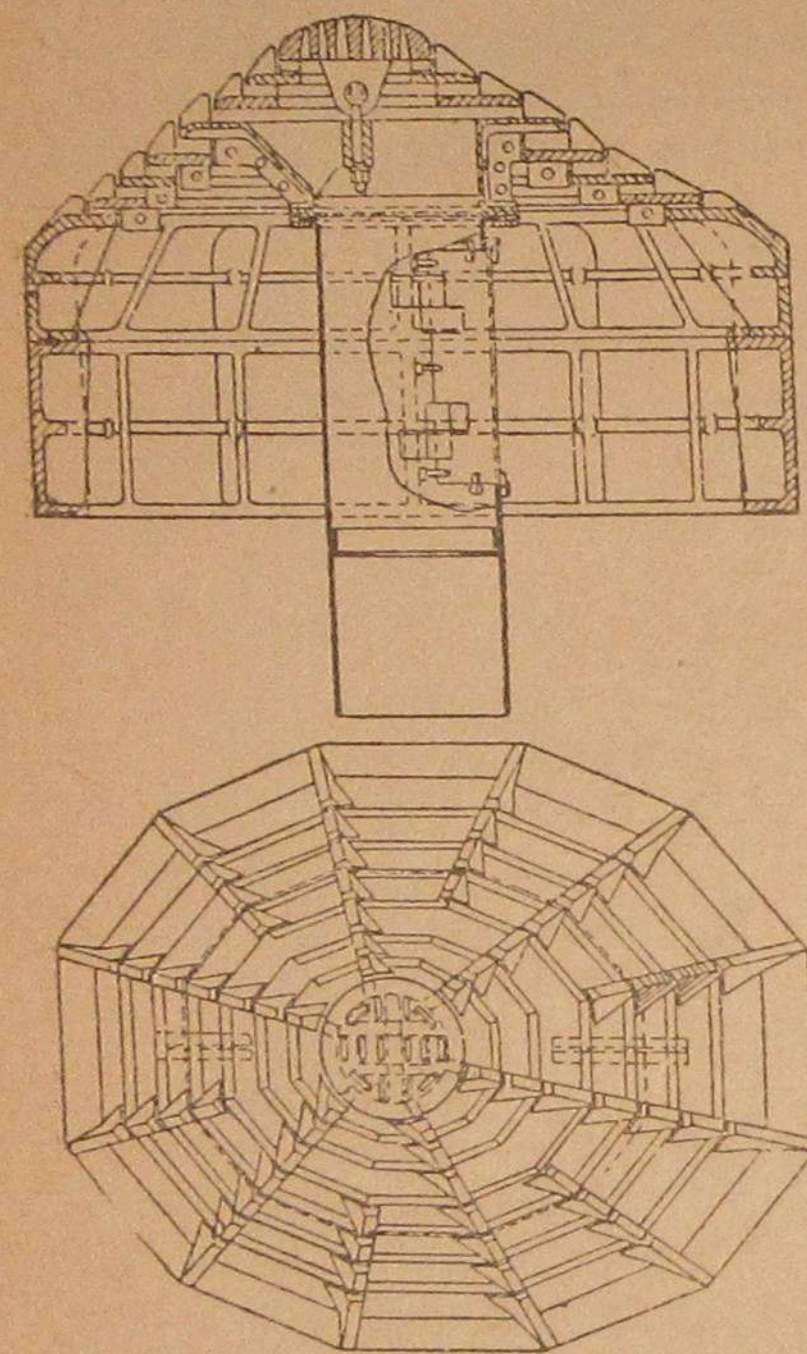


Рис. 14а

При работе на газогенераторах с жидким шлакоудалением шурование топлива является излишним, отпадает в значительной части уход за механическими деталями, уменьшается применение ручного труда.

Основная особенность этих газогенераторов заключается в их высокой производительности. Форсированный ход генератора, подвод подогретого воздуха, и высокие температуры процесса позволяют доводить золу до расплавленного состояния и в жидком виде удалять специальными вагонетками. Экономические преимущества газогенераторов с жидким шлакоудалением заключаются в том, что они позволяют выплавлять металл, а также использовать шлаки для получения из них разного вида строительных материалов. Это обстоятельство приобретает особое зна-

Для создания удобных условий для выгрузки золы из помещения генераторов, оборудованных механическими решетками, уровень фундамента генератора рекомендуется выбирать выше уровня земли, чтобы золу можно было выгружать из генератора прямо в вагонетки.

Как уже отмечалось при получении газа из топлив, содержащих в себе золу с пониженной температурой плавления, возникает много эксплуатационных затруднений. Добавление пара в необходимых количествах, для предотвращения шлакования не только часто значительно осложняет установку и процесс получения газа нужного состава, но, что особенно важно, не всегда полностью обеспечивает генератор от зашлаковывания.

Рациональным мероприятием в этой части является применение к газогенераторам давно известного в металлургии принципа жидкого шлакоудаления.

чение, если учесть большие перспективы, какие открываются в области газификации многозольных местных топлив (сланцы, бурые угли, отдельные виды торфов и т. д.).

Применяемые газогенераторы с жидким шлакоудалением обычно являются составной частью металлургического производства.

На рис. 15 приведен генератор с жидким шлакоудалением типа *Georgs*.

На рис. 15 показано: 1 — фурмы, 2 — шлаковая летка, 3 — чу-

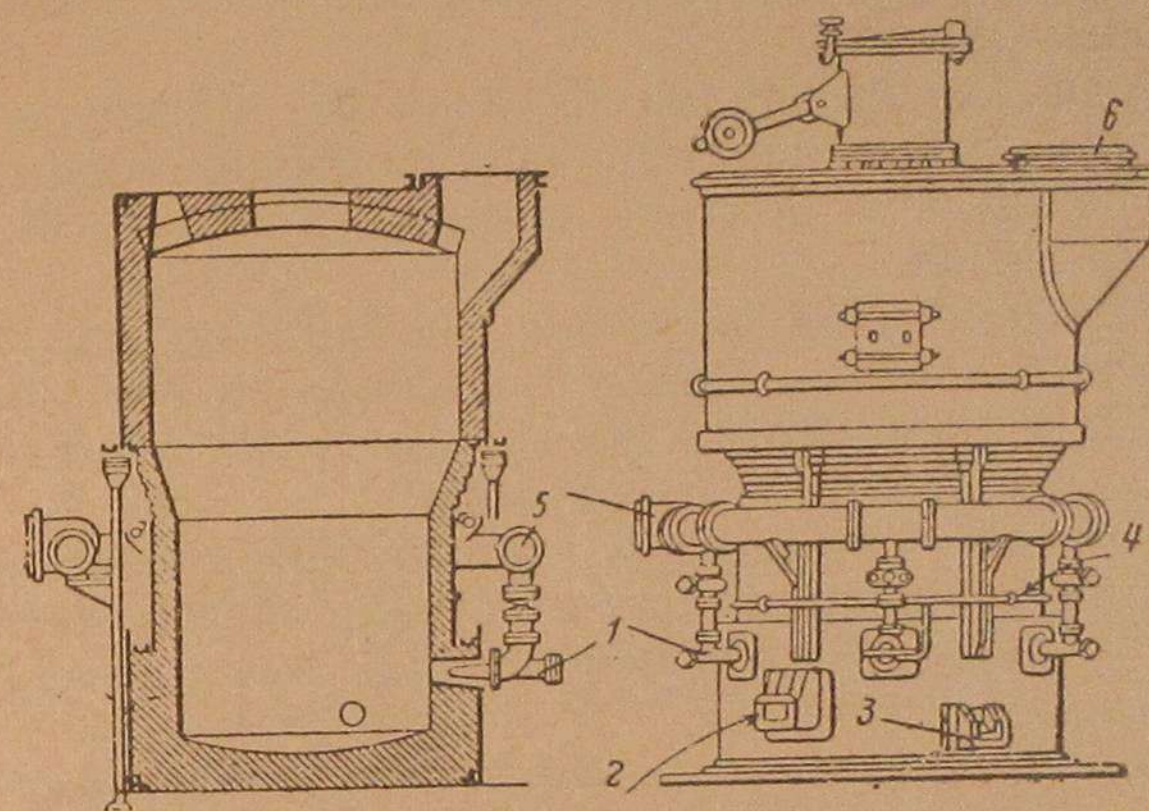


Рис. 15

гунная летка, 4 — подвод воды для охлаждения фурм, 5 — кольцевой воздухопровод, 6 — отвод газа.

Расположенные вокруг оси генератора фурмы охлаждаются водой. В качестве флюса часто применяют доменный шлак. Физическая теплота газов используется для подогрева входящего воздуха, чем повышается температура зоны горения и увеличивается тепловая к. п. д. Пар не применяется, генераторный газ состоит, глзным образом, из CO и N_2 с очень небольшим содержанием H_2 , CH_4 и CO_2 .

Жидкое шлакоудаление находит себе пока применение для ограниченного ряда топлив (антрациты, сланцы) и для газогенераторов большой производительности.

Ближайшей задачей в области дальнейшего развития газогенераторостроения, в частности, газогенераторов для силовых чужд, является конструирование и внедрение генераторов с высокой интенсивностью газификации, для двигателей небольших и средних мощностей и для более широкого диапазона местных низкосортных видов топлива.

Наибольшее количество конструкций шахт газогенераторов выполняется круглой формы. По сравнению с прямоугольной, круглая форма сечения шахты имеет то преимущество, что топливо ложится более равномерно и самый процесс газификации топлива происходит более нормально (наблюдается меньше прогаров).

В газогенераторах с круглым сечением шахты кладка осуществляется по сечению огнеупорным кирпичем и, как правило, обшивается железным кожухом.

В тех случаях, когда кладка выполняется прямоугольной формы без кожуха, стенки шахты кладут обычно толщиной 2—2,5 кирпича — (один или полтора кирпича красного и один кирпич — огнеупорный).

Толщину стенок газогенератора необходимо соотносить с высотой газогенератора. При выборе толщины и качества огнеупорной части кладки, необходимо учитывать свойства золы и ее химическое взаимодействие со шлаком.

Кладка огнеупорного кирпича должна быть выполнена, таким образом, чтобы в горизонтальном сечении шахта имела гладкую поверхность (без выступов), что обуславливает свободное сползание топлива.

При заправке очистительных устройств необходимо учитывать следующее:

Холодильник — очиститель заполняется обычно крупным хорошо промытым коксом во избежание излишнего возрастания сопротивления очистительного устройства.

В сухом очистителе желательна примесь древесных опилок крупных фракций.

Слишком мелкие опилки, имея в виду небольшие размеры ячеек сетки, могут вызвать забивание последней опилками и в связи с этим резкое возрастание сопротивления.

Обслуживание и уход за газогенераторами в сущности сводятся к следующему:

- а) подготовка и систематическая засыпка топлива в шахту генератора;
- б) удаление шлака;
- в) наблюдение за правильным положением пояса горения;
- г) поддержание равномерного газообразования, получение нормальной температуры газа, при выходе его из генератора и заданного качества газа.

Перед загрузкой топлива в газогенератор и его розжигом необходимо:

Тщательно осмотреть основные детали газогенератора; проверить движение и правильность работы колосниковой решетки; затворов загрузочной коробки, дросселей у фурм и всех газовых задвижек установки. Все эти части должны быть в полной

исправности и движение их должно производиться без особых усилий.

Установка должна быть хорошо вывернена на плотность. Поскольку газогенератор работает обычно под разрежением, необходимо, в целях предотвращения подсоса воздуха следить за плотностью соединений. Попадание в генератор излешнего воздуха вызывает не только обеднение газа, но, в отдельных случаях, может привести к взрыву.

Наиболее простой способ проверки установки на плотность заключается в том, что после закрытия всех отверстий нагнетают воздух ручным вентилятором, неплотность соединений обнаруживают на ощупь рукой или по пламени свечи.

Зольниковые ямы должны быть очищены, тоже относится ко всем каналам.

Необходимо также проверить поступление воды в скруббер.

Розжиг газогенератора. При розжиге необходимо отличать два случая:

1. Розжиг вновь загруженного топлива, т. е. пуск газогенератора ранее освобожденного от топлива.

2. Розжиг газогенератора, остановленного после работы и заполненного топливом.

В случае работы на дровах загружают на решетку сухие дрова примерно до половины шахты газогенератора, открывают задвижку и поджигают дрова.

При розжиге газогенератора особое внимание должно быть уделено тому, чтобы горение топлива установить на уровне рабочего ряда фурм, а в нижней части шахты накопить слой раскаленного угла. Для этого по мере образования из горящих дров слоя угля, закрывают фурмы на уровне этого слоя и открывают формы для подвода воздуха в верхние слои топлива.

Розжиг газогенератора продолжается, считая от начала растопки первой порции дров до подачи газа в двигатель, от 3 до 5 часов, в зависимости от влажности топлива и тяги.

В случае пуска газогенератора с топливом, оставшимся от предыдущей работы, — розжиг топлива производится факелом через отверстия гляделок и фурм.

В этом случае продолжительность розжига газогенератора значительно сокращается.

Загрузка топлива в газогенератор должна производиться регулярно.

Также регулярно необходимо производить наблюдение через фурмы и гляделки за ходом газогенератора.

Необходимо систематически следить за тем, чтобы топливо в шахте не застревало, а равномерно сползало вниз.

Горение топлива в газогенераторе должно быть равномерным по всему поясу рабочих фурм.

В нижней части газогенератора должен быть накоплен слой хорошо раскаленного плотного угля. Проникновение в зону вос-

становления неогоревших или плохо обуглившихся дров недопустимо.

В случае, если газогенератор снабжен паровой рубашкой, последняя должна быть подвергнута перед пуском (при пуске впервые или после долгого перерыва) гидравлическому испытанию.

Обмуровку генератора необходимо медленно просушивать при слабом огне.

После того, как удостоверяются в надлежащем качестве газа, а также после проверки слоя топлива (с точки зрения обеспечения требуемой нагрузки) можно приступить к подаче газа в машинный зал.

Следует также иметь в виду, что очистительная установка и трубопроводы горячего газа бывают обычно заполнены воздухом либо остатками старого газа; учитывая также требования безопасности (возможность образования взрывчатых смесей) необходимо продуть систему свежим газом из генератора.

При остановке необходимо иметь в виду следующее: после предупреждения о выключении двигателя, на газогенераторе открывается дымовая труба и закрывается задвижка на газовом горшке (перед двигателем). Если остановка двигателя продолжительная, то газогенератор заглушают закрывая плотно все фурмы и топливные затворы и прекращают подачу воды в скруббер. Далее, постепенно закрывают задвижку на дымовой трубе, наблюдая по водяному манометру за повышением давления в газогенераторе, что происходит вследствие продолжающегося еще некоторое время выделения в газогенераторе водяного пара и газа. Открытием задвижки давление уменьшается.

В процессе работы установки должно проводиться систематическое наблюдение за температурой газа, выходящего из газогенератора и температурой газа после очистителя, а также составом газа и разрежением у отдельных элементов газогенераторной установки.

Увеличение сопротивления отдельных частей газогенераторной установки может резко повлиять на мощность двигателя.

Сопротивление газогенераторной установки увеличивается обычно вследствие засорения газогенератора мелочью, скруббера и сухих очистителей вследствие их загрязнения. При значительном увеличении сопротивления очистителей необходимо сменить их набивку.

Может иметь место и обратное явление, именно, слишком малое сопротивление очистителя, что бывает при недостаточно плотной его набивке.

При газификации определенного топлива, паровоздушную смесь следует сразу установить учитывая известную наиболее выгодную температуру, которой и нужно придерживаться во время работы.

Необходимо учитывать, что в определенных условиях суще-

ствует всегда одно оптимальное значение толщины слоя топлива. Для поддержания необходимой и постоянной высоты слоя топлива требуется систематический контроль, как за питанием генератора топливом, так и удалением золы.

В то же время слой топлива должен сохраняться сплошным, свободным от пустот.

Для этой цели служит шуровка топливного слоя.

ТОПЛИВО ДЛЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ И ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Для газификации, с большей или меньшей эффективностью, пригодны почти все виды твердых топлив и топливных отходов.

Широко распространенными видами топлива для газогенераторов являются: антрацит, кокс, каменный уголь, торф, дрова и др.

Ниже приводим таблицу основных видов твердого топлива СССР и их характеристики (табл. 3).

Вследствие большей удельной теплотворной способности плотных лиственных пород, меньшей смолистости, последним обычно оказывается предпочтение при выборе породы дров для газогенераторов.

Дрова, применяемые в газогенераторах имеют обычно следующие размеры: поленья длиной 1,5 метра — аршинка, 0,5 мтр., т. е. швырок. Кроме того, широко применяется газификация чулок размером 100—300 мм, а также раздробленная в специальных дробилках древесина в виде щепы.

При использовании дров, как топлива, в газогенераторах, необходимо избегать применения прогнившей древесины. Древесина не должна быть загрязнена механическими примесями, в частности, песком, так как это может вызвать шлакование газогенератора. При выборе породы дров необходимо иметь в виду, что осина не дает достаточного крупного и прочного угля. Мелкий уголь вызывает повышение сопротивления газогенератора, а также ведет к увеличению потерь.

Следует отметить, что дрова, являясь широко распространенным и перспективным топливом на севере, где расположены наиболее мощные лесные массивы страны, в малолесистых районах являются дефицитным топливом и должны всячески заменяться торфом, залежи которого размещены на большей части территории Союза и могут служить вполне приемлемым источником топлива для газификации.

Виды торфа весьма многочисленны и отличаются один от другого механическими свойствами, химической структурой, содержанием золы и т. п., в зависимости от характера торфообразователей и возраста торфяника.

Влажность торфа (рабочей массы) для кондиционных усло-

вий колеблется в пределах 25—40%. Повышение влаги в торфе практически приводит к тому, что помимо общего ухудшения процесса, для достижения определенного тепливого эффекта, приходится на всем пути торфа от торфоразработки до газогенератора иметь дело с большими дополнительными весовыми количествами.

Так, например, если сравнить по весу количество торфа, требующегося для достижения определенного теплового эффекта при нормальной влажности в 25% и повышенной — 45%, то, в последнем случае, потребуется торфа на 56% больше. Пропорционально вырастает стоимость 1 м³ газа, получаемого из влажного торфа (кроме отрицательного влияния повышенной влажности на процесс газификации и производительность установки).

Теплотворная способность воздушно-сухого торфа ($W_{вс} = 30\%$) колеблется от 2500 до 3500 кал/кг. Применение торфа, как топлива, для газификации требует особого учета склонности торфа к крошимости. Увеличение содержания крошки в торфяной массе нарушает равномерность процесса и отрицательно отражается на эксплуатации газогенераторов.

Следует иметь в виду, что недостаточно тщательно организованная сушка, продолжительное хранение и большое количество перегрузок и перевозок торфа — все это способствует крошимости. Как правило, для низинных торфов процент крошки больше, чем для верховых.

Крошкой принято называть торфяную мелочь диаметром менее 25—30 мм.

Как дрова, так и торф являются смолистыми топливами, требующими при применении их в качестве топлива для газогенераторных силовых установок надлежащего учета этого обстоятельства в технологическом и конструктивном оформлении установки. Вообще необходимо отметить, что каждый газогенератор должен быть специально приспособлен к особенностям сжигаемого в нем топлива.

Большое значение для нормального процесса газификации имеет равномерность кусков топлива.

Одной из положительных сторон торфа, как продукта газификации, является то, что после отгонки из торфа летучих составных частей, он дает кокс с высокой реакционной способностью.

Касаясь вопроса применения донецких и других видов каменных углей для газогенераторов, следует учесть общее условие, которому по возможности должны отвечать эти угли, а именно: угли должны иметь более или менее равномерное строение, быть достаточно прочными и стойкими. Применение рядовых углей отрицательно отражается на работе газогенератора в части производительности, качества газа и содержания углерода в провале.

Отдельные сорта углей (в том числе бурых углей) значитель-

Элементарный состав рабочей массы топлив СССР и их рабочая теплопроизводительность

Топливо	Содержание в % веса рабочей массы						Низш. рабоч. теплопроизв. в кал./кг
	C	H	(O+N)	W	A (зола)	S	
Дрова сухопутной доставки	36,6	4,5	32,4	25,0	1,5	—	3100
Дрова сплавные	34,22	4,28	30,08	30,0	1,42	—	2875
Дрова сплавные	33,12	4,26	29,82	30,0	2,8	—	2780
Торф - машинно - формован. Моск. области	41,21	4,12	25,83	26,11	2,73	—	3550
Торф - гидроторф Моск. области	33,85	3,35	20,68	39,72	2,4	—	2820
Торф маш. формовочн. СССР (ср.)	30	3,50	19,5	30,0	14,0	—	2750
Торф осок. хорошо разлож. БССР	42,4	4,3	23,3	25,0	5,0	—	3760
Бурый уголь (пов. кач.)	51,7	4,4	18,9	20,0	5,0	—	4675
Бурый уголь	25,55	5,52	9,31	60,0	3,0	—	2000
Подмосковный богхед	49,75	2,14	9,73	16,0	15,0	4,0	5170
Подмосковный курн. уголь марки:							
К (круп.)	38,4	2,86	10,74	30,0	15,0	3,0	3440
О (орех)	37,0	2,75	10,25	30,0	17,0	3,0	3300
М (мелк.)	30,6	2,28	8,62	33,0	21,5	4,0	2740
Донецкий каменн. уголь марки:							
ПЖ (паров. жирн.)	73,44	4,33	4,90	3,5	12,05	1,78	6950
ПС (паров. спекающ.)	75,83	3,85	3,68	3,0	11,5	2,14	7150
Д (длиннопламенн.)	56,2	4,02	10,15	11,0	15,15	3,48	5450
Донецкий антрацит марки:							
АП (плита)	85,4	1,75	1,75	4,5	4,8	1,8	7350
АК (крупн. орех)	82,7	1,72	1,72	4,5	7,6	1,76	7150
АМ (мелк. орех)	77,28	1,59	1,59	4,5	13,4	1,64	6650
АШ (штыб)	68,21	1,37	1,37	6,0	21,6	1,45	5800
Уральский Егоршинский антрацит	74,00	2,80	3,2	5,0	14,5	0,5	6600
Уральский Кизеловск. камен. уголь	58,80	4,20	7,0	6,0	20,0	4,0	5700
Уральский Челябинск. бурый уголь	51,10	2,80	16,1	15,0	14,0	1,0	4300
Кузнецкий Кольчуг. каменный уголь (Сиб.)	73,90	4,85	9,25	6,0	4,5	1,0	7070
Кузнецкий Кемеровск. каменн. уголь	73,97	4,33	6,70	6,0	8,5	0,5	7000

но измельчаются в процессе их доставки с места добычи к потребителю. Такого рода угли желательно применять возможно ближе к месту их добычи или организовывать на месте потребления специальный отсев.

Некоторые виды каменных углей имеют свойство спекаться, это обстоятельство подлежит обязательному учету при выборе топлива для газогенераторов или приспособлении к этому виду топлив существующей газогенераторной установки.

Из применяемых марок донецких углей для газогенераторов в большом количестве идут марки Д и Г (наименее спекающиеся сорта).

Из антрацитов широко применяются марки АК, АМ и АС. Антрациты обладают преимуществами в отношении перевозок и хранения, отличаются высоким содержанием углерода и малым выходом летучих. В технических условиях Наркомугля приняты следующие калибровки для марок антрацита:

АП — плита	более 125 мм
АК — крупный кулак	от 125 — 25 мм
АМ — мелкий орех	от 25 — 13 мм
АС — семячко	от 13 — 6 мм
АСШ — штыб со смесью семячко	от 6 — 0 мм
АШ — штыб	от 4 — 0 мм
АРШ — рядовой	от 100 — 0 мм

На табл. 3 приведен элементарный состав рабочей массы топлив СССР и их теплотворная способность.

Солома. — Вследствие громадной площади, занимаемой в СССР колосовыми культурами, солома, при рациональном ее использовании, является крупнейшим топливным ресурсом народного хозяйства, в том числе для энергетики сельского хозяйства. В табл. 4 дается средний элементарный состав абсолютно сухой соломы различных культур.

Табл. 4.

С. х. культуры	Содержание в %			
	С	Н	О+Н	А
Рожь	45,8	5,7	45,00	3,5
Яровая пшеница	45,8	5,6	45,10	3,5
Озимая пшеница	46,1	5,6	45,20	4,1
Лен	47,6	5,8	43,30	3,3
Просо	44,6	5,2	45,90	5,9
Овес	44,3	5,19	43,31	7,2
Гречиха	42,0	5,15	45,65	7,2

Средняя влажность соломы, на рабочее топливо лежит в пределах 12—15%.

Неправильное хранение может повысить влажность до 40% и вызвать загнивание соломы.

Насыпной вес 1 куб. м. ок. 15 кг.

Опыты, проводимые по газификации соломы подтверждают, что солома может быть использована в газогенераторных установках с тепловым эффектом, близким к генераторному газу из древесины.

Солома, если ее применяют как топливо для газогенераторов в натуральном виде, т. е. без брикетирования, обычно подвергается измельчению в ручной или механической соломорежке.

Кустарник хлопка (гузы-пая). Благодаря широкому развитию хлопководства в СССР, аклиматизации хлопка в Европейской части Союза, возникает актуальный вопрос о рациональном использовании отходов этой отрасли сельского хозяйства.

Практика показывает, что в хлопковых районах, кустарника хлопка не только хватает для покрытия повседневных нужд в топливе, но он еще остается в таких количествах, что это дает основания ставить вопрос о применении гузы-пай, как топлива для силовых газогенераторных станций. Толщина прутков гузы-пай колеблется от 3 до 10 мм, содержание летучих около 70%, средняя зольность — 7,5%, влажность 10—17%. Опыты газификации гузы-пай дают хорошие результаты. Перед забрасыванием в газогенератор стебли гузы-пай подлежат дроблению, что предотвращает их зависание в бункере.

Кроме рассмотренных отходов сельского хозяйства, могущих с успехом служить топливом для газосиловых установок небольших мощностей, имеется еще ряд отходов сельского и лесного хозяйства, как подсолнечная шелуха, пеньковая и льняная костра, хворост, хмыз, опилки и т. п., газификация которых после незначительной предварительной подготовки вполне возможна.

Интенсивность газификации различных топлив в различных системах генераторов.

В качестве величины, характеризующей напряжение, с каким работает газогенератор, или степень его форсировки, принимают обычно отношение веса газифицируемого в час топлива к поперечному сечению шахты газогенератора (кг/м² в час).

В табл. 5 приводим систематизированные Д. И. Гинзбург средние данные по интенсивности газификации различных топлив в газогенераторах.

Более высокие величины относятся к топливам сортированным и с лучшими свойствами золы и кокса.

При благоприятных свойствах топлива в обычных генераторах отдельные показатели могут быть увеличены.

Тенденции современной газогенераторной техники направлены к максимальному повышению мощности отдельных газогенераторов и, главным образом, к повышению удельных напряжений.

Эти тенденции находят широкое применение в СССР. Стахановское движение и в газогенераторной практике находит свое

отражение в виде значительного повышения принятых ранее норм форсировки газогенераторов при одновременном улучшении качества газа.

Табл. 5.

Интенсивность газификации отдельных видов топлив
(в кг на 1 м² сечения в час)

Виды топлива	Самодвижной с неподвижной и ручной шуровой	С дутьем и неподвижной решеткой	С вращаю- щейся решеткой	С автомати- ческим шуровочным приемником	С землем- шлагоудале- нием
Дрова Поленья	100—150	150—225	—	—	—
Щепа	—	300—400	400—800	—	—
Торф	50—75	100—300	250—600	—	1000—2000
Бурый уголь	50—100	75—150	150—275	—	—
Брикеты бурого угля	50—90	80—150	120—200	—	—
Каменный уголь	35—70	60—120	80—200	200—360	} от 300 до 1000
Антрацит	—	60—120	100—220	—	
Кокс	—	60—120	100—220	—	

Высота необходимого слоя топлива в газогенераторе является функцией не только вида топлива и его химического состава, но в значительной мере и степени крупности топлива.

В то время как крупные топлива требуют относительно больше времени для газификации, чем мелкие, так как у них реагирующая поверхность меньше, очень мелкое топливо создает в эксплуатации ряд затруднений, связанных с необходимостью преодолевать повышенные сопротивления слоя. В табл. 6 приведены средние данные зависимости высоты слоя топлива в газогенераторах от крупности кусков топлива.

Табл. 6.

Высота слоя топлива, в зависимости от крупности кусков

Топливо	Степень крупности	Общая высота слоя над решеткой (в мм)
Антрацит	Мелкий орешек 13—25 мм	500—700
Антрацит	Орех и кулак 25—125 мм	850—1600
Кокс	Куски 20 — 30 мм	750
Кокс	„ 30 — 50 мм	1000
Кокс	„ 50 — 100 мм	2000
Уголь	Орешек 13 — 25 мм	650
Уголь	Несортированный	1500—2000
Дрова	Крупные поленья	2500—7000
Торф	Кусковой	3000—6000

Необходимо отметить, что установление определенной высоты слоя топлива в газогенераторе применительно к тому

или иному виду топлива является крайне сложной задачей, поскольку высота слоя топлива является функцией не только конструкции генератора и режима его эксплуатации, но химической и механической структуры топлива и других факторов. Практика газификации позволяет с достаточной определенностью считать, что высота загрузки газогенератора должна быть тем меньшей, чем более мелкозернистым является газифицируемое топливо.

Топливо, предназначенное к газификации должно быть не только однородным по размерам кусков, но и по химическому составу и свойствам золы.

Недостаточный учет в проектировании и эксплуатации газогенераторов фактора шлакования топлива, приводит обычно к очень тяжелым последствиям (зашлаковывание решетки, так называемые „козлы“ в шахте, местные „прогары“ и пр.). В целях предотвращения этих последствий, особое внимание должно быть уделено правильному установлению границ горячей зоны генератора, регулированию парового дутья, установлению оптимальной форсировки генератора, применительно к температурам плавления золы.

При конструировании газогенераторов для низкосортных топлив, особенно для торфа и бурого угля, большое значение имеет правильный учет влажности этих топлив, последнее имеет влияние на выход сухого газа из единицы топлива и на коэффициент полезного действия всего процесса газификации. Поэтому, необходимо стремиться, в частности при газификации торфа, к максимально возможной подсушке топлива перед загрузкой его в газогенератор.

В таблице 7 показаны примерные данные о выходе, тепло-творной способности газа и удельном расходе топлива в силовых газогенераторах среднего размера.

Табл. 7.

Топливо	Средний выход газа куб/м (паровоздуш- ный газ)	Вязкая тепло- творная спо- собность газа кал./м ³	Коэффициент полезного действия генератора в %	Расход топлива в кг на действ. л. с. - час
Антрацит	4,6	1100—1300	75—82	0,38—0,48
Кокс	4,3	1100—1200	75—82	0,40—0,56
Каменный уголь	4,5	1150—1400	73—80	0,40—0,55
Антрацитовая мелочь	4,2	1100—1300	60—70	0,50—0,65
Угольный мусор из дымовой коробки паровоза	3,0	1000—1150	50—70	0,7 —1,0
Коксовая мелочь	4,0	1000—1100	50—70	0,6 —1,0
Буроугольные брикеты	2,5	1200—1400	75—80	0,65—0,85
Бурый уголь	1,8	1000—1200	55—75	0,7 —1,5
Торф	1,7	900—1200	55—75	1,0 —1,5
Дрова	—	900—1200	55—75	0,85—1,5

МАТЕРИАЛЬНЫЙ И ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ГАЗОГЕНЕРАТОРА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ

Подходя к составлению материального баланса газогенератора, необходимо прежде всего иметь в виду, что количество и вес элементов, участвующих в процессе, остается всегда неизменным и могут меняться только отдельные комбинации веществ из этих элементов.

Составление материального баланса является очень важной частью расчета газогенератора, так как анализируя баланс его по отдельным элементам затраченного топлива можно найти правильное решение для рационализации процесса газификации и точного его учета.

Не менее важным является составление теплового баланса по количеству получаемой и расходуемой энергии. Количество всех видов энергии выделяющихся при данном процессе должно быть равно количеству их, расходуемому в этом же процессе.

Тепловой баланс состоит из приходной и расходной части, соответственно чему и строится схема баланса.

В приходную часть баланса входит: приход тепла с горючим, с воздухом и водяным паром, поступающими в газогенератор.

В расходную часть входит: физическое и химическое тепло газообразных продуктов горения, физическое и химическое тепло жидких продуктов газификации, физическое и химическое тепло твердых продуктов газификации (шлак и унос) и внешние потери тепла.

Ниже приводим примерные таблицы, систематизирующие важнейшие технические показатели, необходимые для составления материального и теплового баланса газогенератора (по испытаниям, проведенным Клементом).

Табл. 8.

Наименование основных данных	Характеристика
Вид топлива	Каменный уголь, орех
Производительность генератора в кг в 1 час.	314,6 (по сырому углю) 302 (по сухому углю)
Состав сухого угля	C — 80,3%; N — 0,98%; H — 5,35%; S — 0,78%; O — 8,54%; золы — 4,05%
Теплотворная способность угля в кал/кг	7900 кал/кг (по сухому углю)
Вес сухой золы в кг в 1 час	18,15
Состав золы	негорючих веществ — 66% горючих веществ — 34%
Расход пара в кг/час	112,5
Давление пара и температура	4,5 атм; 148° C

Наименование основных данных	Характеристика
Количество возд. дутья в кг/час и температура	957; 20,5° C
Количество пара, вдуваемого в генератор за вычетом потерь	105,2 кг/час
Общее количество H ₂ O, вводимого в генератор в кг/час	Гидроскопическ. H ₂ O — 9,1 Пар 105,2 } 114,3
Состав генераторного газа	По объему: По весу: CO ₂ — 6,9 % 11,89% CO — 23,2 % 25,43% H ₂ — 11,6 % 0,92% C ₂ H ₄ — 0,42% 0,46% O ₂ — 0,14% 0,34% N ₂ — 52,95% 57,90% CH ₄ — 4,68% 2,97% проч. — 0,11% 0,19%
Содержание влажности в газе	4,8% (весовых)
Теплотворная способность газа в кал/кг	1365
Содержание смолы в газе	1,5% (по весу)
Содержание сажи и пыли в газе	0,74% (по весу)
Средняя температура газа при выходе его из генератора	674° C

Рассмотрим основные статьи материального и теплового баланса для принятого к рассмотрению примера. (См. табл. 9 и 10).

Коэффициент полезного действия газогенератора.

Под понятием к. п. д. газификации подразумевают отношение тепла полезно затраченного, т. е. перешедшего в химическое тепло газа, к потенциальному теплу топлива, участвующего в процессе.

Применительно к рассмотренному примеру к. п. д. составит:

$$\eta_{\text{ген.}} = \frac{1734000 \cdot 100}{2380000} = 71\%$$

к. п. д. газификации не дает полного представления о процессах превращения теплоты в газогенераторе. Эта величина показывает лишь какая часть потенциального тепла топлива переведена в потенциальное же тепло газа.

Если же учесть дополнительно в расходной части физическое тепло газа и потенциальное тепло, содержащееся в саже и смоле (в известных условиях это тепло может быть использовано) и в приходной части тепло с вдуваемым паром и воздухом, то в этом случае получим общий термический коэффициент полезного действия газогенератора:

$$\eta_{\text{ген. об.}} = \frac{(1734000 + 183000 + 255000 + 69000) \cdot 100}{2453000} = 91\%$$

Физическое тепло газа в отдельных случаях используется для получения необходимого для газификации пара.

Материальный баланс газификации каменного угля
(Часовая производительность генератора — 314,6 кг)

Элементы и их соединения	Приход в килограммах				Расход в килограммах					
	Каменный уголь	Водяной пар	Воздух и влага в нем	Итого	Газ (сухой)	Смола	Сажа и пыль	Влажность газа	Зола и кокс в ней	Итого
Углерод (C)	242,5	—	—	242,5	212,96	18,15	8,53	—	6,17	245,81
Водород (H)	17,56	11,7	1,0	30,26	22,15	1,25	—	6,8	—	30,2
Кислород (O)	36,99	93,5	226,2	356,69	296,65	—	—	54,4	—	351,05
Азот (N)	2,96	—	730,0	732,96	736,46	—	—	—	—	736,46
Сера (S)	2,35	—	—	2,35	2,28	—	—	—	0,06	2,34
Зола (A)	12,23	—	—	12,23	—	—	1,0	—	11,9	12,9
Всего	314,6	105,2	957,2	1377,0	1270,5	19,40	9,53	61,2	18,13	1378,76

Незначительная невязка в материальном балансе не превышает допустимых погрешностей в расчете и балансирования приходной и расходной части не нарушает.

В газосиловых установках, где чистоте газа придается особое значение, газ должен подвергаться очистке и промывке, с целью удаления смолы или сажи; физическая теплота газа при этом теряется в промывочной воде, поэтому потери с физическим теплом в этих случаях (т-е, при отсутствии за газогенератором утилизационных устройств) являются неизбежными.

Тепловой баланс газификации.

Табл. 10.

Статья	Приход	Количество калорий	Статья	Расход	Количество калорий
1	С каменным углем $7900 \times 302,0$	2,380.000	1	Газ (сухой) Химическое тепло: $1270,5 \times 1365$	1,734.000
2	С вдуваемым водяным паром $656 \times 105,2$	69.900	2	Физическое тепло: $1270,5 \times 0,298 \times 674$	255.000
3	С воздушным дутьем $957 \times 0,23 \times 20,5$	4.500	2	Смола $94000 \times 19,4$	183.000
			3	Влажность газа Вес H_2O —61,2 кг Перегрев $61,2 \times 0,563 \times 574$	19.800
				Скрытое тепло испарения: $61,2 \times 537$	32.900
				Нагрев от 15° до 100° $61,2 \times 85$	5.200
			4	Сажа Вес содерж. C—8,53 кг $8100 \times 8,53$	69.000
			5	Зола Вес содерж. C—6,17 кг $8100 \times 6,17$	50.000
			6	Лучеиспускание и прочие потери	104.600
	Всего	2,453.500		Всего	2,453.500

Основные потери тепла в газогенераторе следующие:

1. Потеря на испарение влаги топлива. Эта потеря имеет наибольшее значение для низкосортных топлив — торфа и дров и колеблется, в зависимости от содержания в этих топливах влаги.

Следует отметить, что в тех случаях, когда влажность топлива не слишком высока, а физическое тепло отходящих газов значительно, создается соотношение, сводящее потери на испарение влаги к минимуму. Рассмотрим пример, приведенный Н. Э. Рамбушем. При газификации торфа влажностью $W=50\%$ и Q^H абс. сух. = 5000 кал./кг. на каждый килограмм сухого вещества такого торфа потребуется испарить 1 кг воды и нагреть полученный водяной пар до температуры отходящих газов ($T_{ух} = 100^\circ C$). Предположим теперь, что торф загружается в генератор не влажным, а абсолютно сухим. Примем, что выход газа составляет 2,4 м³/кг, средняя удельная теплоемкость его

равна ок. $0,33 \text{ кал/м}^3$ и температура при выходе ок. 500°C . Тогда физическое тепло газа на 1 кг сухого торфа в пределах от 100 до 500°C будет $2,4 \times 0,33 \times (500 - 100) = 316 \text{ кал/кг}$.

Если теперь 1 кг сухого топлива газифицируется вместе с 1 кг воды, то требуется дополнительное тепло на нагрев воды, допустим от 15° до температуры кипения, испарение ее и перегрев полученного пара до температуры уходящих газов. Количество этого тепла составляет примерно 625 кал/час, между тем, как теплосодержание отходящих продуктов газификации от 1 кг сухого топлива составляет, как было подсчитано выше, только 316 кал/кг. Таким образом, создается дефицит в 309 кал/кг, который может быть покрыт только за счет сжигания некоторой части самого топлива в нижней части газогенератора, т. е. за счет ухудшения состава газа и понижения к. п. д.

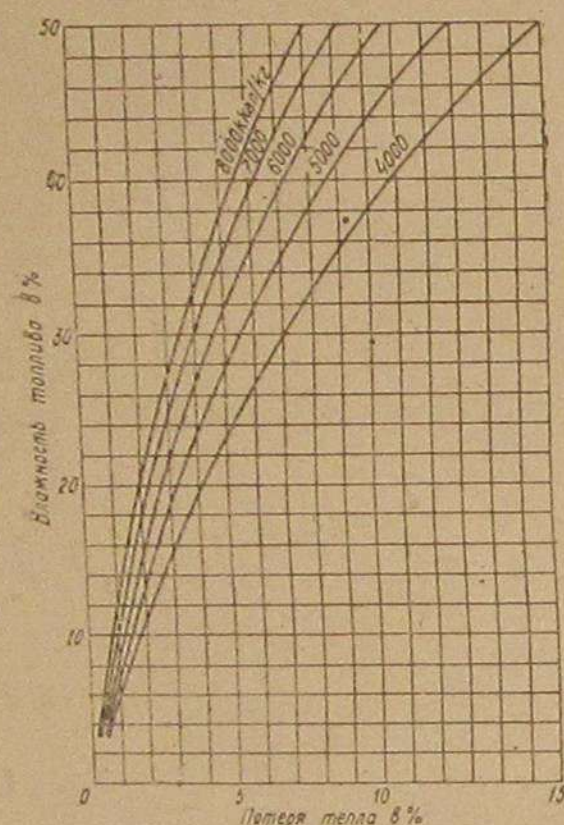


Рис. 16

В целях упрощения расчетов рекомендуется следующий метод. Дополнительное количество тепла, необходимое для испарения влаги, обычно подразделяют условно на две части: на тепло нагрева воды примерно от 15° до температуры ее испарения, плюс скрытая теплота парообразования при этой температуре и на тепло перегрева пара до температуры отходящего газа. Принимают, что только первая из указанных частей тепла расходуется за счет теплотворной способности сухого топлива, вторая же за счет тепла отходящего газа. Благодаря этому допущению снижение к. п. д. от влажности топлива практически всегда будет несколько

меньшим, чем получаемое в результате подсчетов по ранее приведенному методу.

Характерный график изображающий зависимость потерь тепла от содержания влаги в топливе показан на рис. 16.

2. Потери, связанные со смолой топлива. Наибольшее значение эти потери имеют разумеется для смолистых топлив.

Как уже отмечалось выше, тепловые потери, связанные со смолой, являются условными, так как при рациональном улавливании смолы, последняя может быть использована, в свою очередь, как топливо или, что является более целесообразным, смола может быть использована, как сырье для получения высокоценных химических продуктов.

3. Потери от уноса, лежат обычно в пределах $0,5 - 3\%$ и зависят, главным образом, от исходного содержания мелочи в топливе, характера самого топлива, степени форсировки газогенератора.

4. Потери с углеродом шлаков повышаются, главным образом, в зависимости от зольности топлива и дают наибольшие значения для многозольных торфов, коксовой мелочи и др.

5. Потери, с так называемым, явным теплом, т. е. потери, связанные с физическим теплом выходящего газа доходят до $10-15\%$.

6. Прочие потери — лучеиспускание, утечка газа и др. лежат обычно в пределах от 2-х до 4% .

Как видно из приведенных данных, свыше 10% всего тепла, содержащегося в газифицируемом топливе, переходит в физическое тепло генераторного газа, которое в большинстве случаев не используется. Между тем, температура газа, выходящего из газогенератора часто доходит до 500°C и выше и в большинстве случаев, имеется возможность использования физического тепла газа при помощи специальных котлов утилизаторов, устанавливаемых за газогенератором.

Одним из путей повышения эффективности использования топлива в газогенераторных установках является утилизация уноса топлива из газогенератора, количество которого при современных форсировках сильно возросло и достигает, например, для антрацитовой газогенераторной станции до 7% . Обычно это топливо попадает в охлаждающую воду и в виде шламма выбрасывается в отвал.

Значительное уменьшение этой потери возможно, путем установки сухих пылеуловителей, либо путем фильтрации шламма. Для крупных станций утилизация уноса несомненно явится рентабельной и быстро себя окупит.

ГАЗОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ РАЗНОВИДНОСТЬ ТИПОВ И КОНСТРУКЦИЙ

По мощности газовые двигатели могут быть разделены на такие группы: двигатели малой мощности 3—20 л. с.; далее, двигатели средней мощности, до 750 л. с. и, наконец, двигатели большой мощности, примерно, до 6—10 тыс. л. с. в одном агрегате.

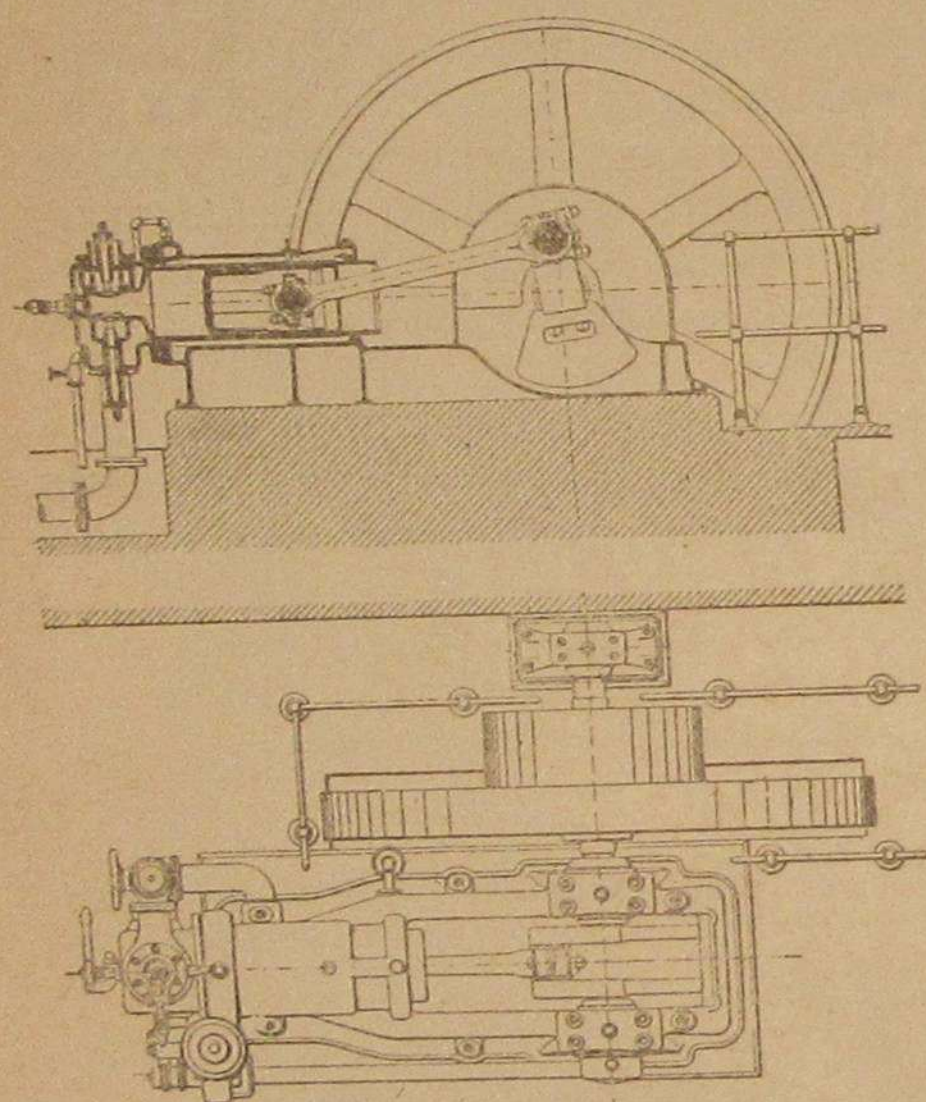


Рис. 17

Наибольшее место в установленном парке газовых двигателей внутреннего сгорания, работающих на генераторном газе, занимают двигатели, могущие быть отнесенными по мощности ко второй группе.

Газовые двигатели выпускаются горизонтальные и вертикальные. Старые модели машиностроительных фирм Кертинг, Дейц и др., работающие на генераторном газе, равно как и крупные машины, предназначенные для работы на доменном и природном газе, строились и в значительном количестве продолжают выпускаться и сейчас — горизонтального типа.

На рис. 17 представлена схема простейшего газо-

вого двигателя типа Кертинг, работающего на генераторном газе. На этом рисунке показан разрез вдоль цилиндра и крышки, в которой помещены впускной (верхний) и выпускной (нижний) клапаны. Оба клапана охлаждаются водой.

Современная модель двухтактного восьмицилиндрового двигателя, мощностью 1660 л. с., выпускаемая фирмой Нордберг, показан на рис. 18.

Двухтактные газовые двигатели начинают все шире внедряться в систему газомоторостроения.

Двигатель Нордберг работает на природном газе, однако с возможностью быстрого переключения на нефть.

Сжатый до 75—77 ат. и прошедший через холодильники газ, подводится к форсункам.

При нагрузке в 75% двигатель, работающий на природном

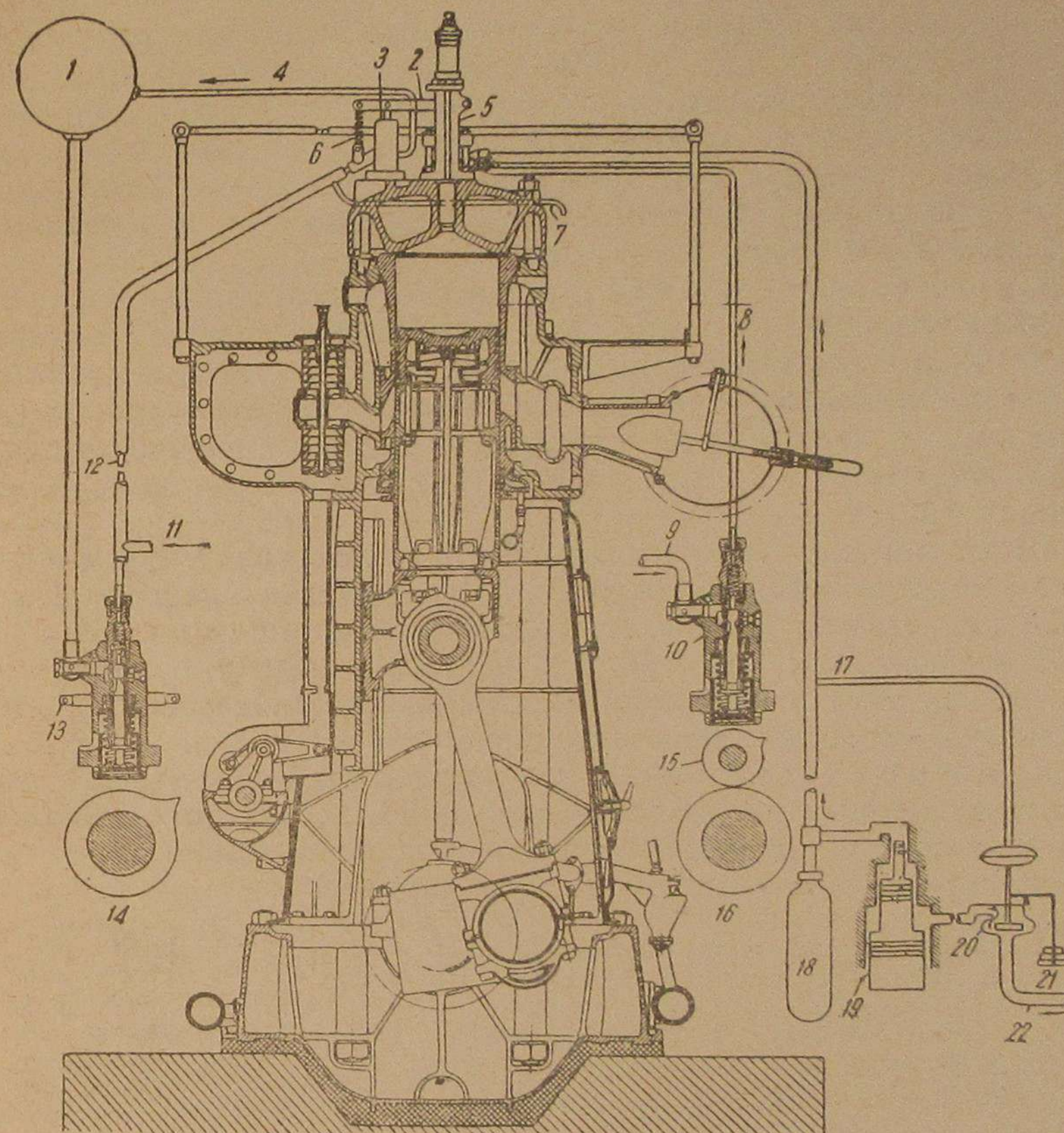


Рис. 18

газе расходует около 0,32 куб. м. газа или 2870 кал. на квт/час, к. п. д. двигателя — 32%.

На рис. 18 показаны: 1 — напорный бак, 2 — распределительный рычаг, 3 — гидравлический цилиндр-толкатель, 4 — отвод масла, 5 — форсунка, 6 — пружина, 7 — спуск воды, 8 — нагнетание воспламеняющего топлива, 9 — подача воспламеняющего топлива, 10 — насос воспламеняющего топлива, 11 — охлажден-

ная вода, 12 — нагнетательная линия гидропровода, 13 — регулирующая рейка, 14 — кулачный валик, 15 — шайба насоса, 16 — кулачный валик, 17 — отвод к регулирующему клапану, 18 — газовый баллон, 19 — трехступенчатый компрессор, 20 — редуцирующий клапан, 21 — груз, 22 — от газовой магистрали.

Двигатели, работающие на природном газе приобретают все большее значение у нас, в СССР. Наряду с применением этих двигателей в районах нефтяных месторождений (т. н. нефтяные газы) значительные перспективы открываются для их работы в зоне чисто газовых месторождений (т. н. „сухие“, метановые газы) — западные области УССР, Приазовский и Сивашский газоносные зоны и др.

Газомотостроение в СССР, развитие которого в последние годы идет усиленными темпами, основывается, главным образом, на базе двигателей Дизеля, переводе их на газовое топливо. Этот метод развития газовых двигателей является вполне рентабельными и, как показал опыт, позволяет в кратчайший срок широко внедрить в промышленность газовые машины за счет нефтяных двигателей.

Процесс реконструкции может быть осуществлен при незначительных затратах. Более подробно о переделках нефтяных двигателей для работы на газе изложено в следующем разделе.

Ниже помещены таблицы 11 и 12, в которых представлены основные данные о газовых машинах средней мощности, выпускаемых отечественными заводами.

Стоимость газовых двигателей. Указанные ниже стоимости газовых двигателей, выпускаемых отечественными заводами являются предварительными, поскольку выпуск этих двигателей еще не приобрел массового характера:

6ГЧ - 42,5/60 (газ природн. светильный) 700—750 л. с.	160000 руб.
4ГЧ - 42,5/60 — (газ природный светильный) 400 л. с.	120000 руб.
4ГЧ - 42,5/60 — 400 л. с. (дрова смесь)	180000 руб.
4ГЧ - 42,5/60 — 400 л. с. (сорт. антрацит)	180000 руб.
4ГЧ - 26/38 — 140 л. с.	70000 руб.
2ГЧ - 26/38 — 70 л. с.	45000 руб.

В стоимость двигателей 4ГЧ — 42,5/60, 4ГЧ — 26/38 и 2ГЧ — 26/38 включена также стоимость газогенератора.

РЕКОНСТРУКЦИЯ НЕФТЯНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ РАБОТЫ НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ

Директивы Партии и Правительства о максимальном снижении расходования жидкого топлива и всемерного внедрения местного топлива, должны привести не только к широкому распространению новых специальных газогенераторных установок,

работающих на разных видах твердого топлива, но и к возможной замене и вытеснению жидкого топлива на уже действующих установках.

Перевод двигателей Дизеля на газовое топливо, если такое комбинирование специально предусмотрено при проектировании, как уже отмечалось, не сложен. В этих целях достаточно заметить топливную аппаратуру (топливный насос, форсунки) специальными приборами электрического зажигания (магнето, свечи), установить смесительно-регулирующее устройство и всасывающий коллектор, подводящий смесь в цилиндры и уменьшить степень сжатия.

Переделка действующих двигателей Дизеля для работы на газообразном топливе может оказаться более сложной, но также представляется вполне осуществимой.

В качестве примера, ниже приводим описание реконструкции основных узлов реконструируемого двигателя Дизеля, выпускаемого заводом „Двигатель революции“ типа 4ГЧ ²⁶/₃₈, приспособленного к работе на генераторном газе и основные эксплуатационные характеристики его работы. Проект и наладка осуществлены ВНИДИ.

Для приспособления этого двигателя к работе на генераторном газе произведены следующие конструктивные его изменения: ¹⁾

Крышка. Для газового двигателя установлены новые цилиндрические крышки. Крышка газового двигателя отличается от крышки дизеля, рассматриваемого типа, местом расположения входного отверстия в крышке к всасывающему клапану. В дизеле отверстие это выполнено сверху крышки, а в газовом двигателе сбоку крышки, для удобства крепления всасывающего коллектора.

Кроме того, в крышке для газового двигателя увеличена глубина форсуночного отверстия, куда вместо корпуса форсунки поставлен штуцер со свечей.

Выхлопной клапан. В выхлопном клапане устроено охлаждение стакана клапана, в виду более высокой температуры отходящих газов газового двигателя.

Всасывающий коллектор. **Регулирование.** **Смеситель.** К фланцам входных отверстий в крышке крепится всасывающий коллектор, подводящий рабочую смесь в цилиндры двигателя.

Для регулирования двигателя на вертикальном участке коллектора установлен дроссель (заслонка) передвигаемый тягами от муфты регулятора, что дает возможность изменять количество смеси, поступающей в цилиндр двигателя, в зависимости от его нагрузки.

¹⁾ Конструкция двигателя 4Ч 26/38 рассмотрена в лекциях: „Конструкции нефтяных дв. вн. сгорания“. — А. А. Зинченко.

Состав смеси регулируется ручными дросселями на газо и воздухопроводах.

В воздухопровод поставлен конус-смеситель, улучшающий смешение газа с воздухом. Действует он следующим образом: в месте выхода воздуха из корпуса и встречи его с газом, создается за счет увеличения скорости воздуха, пониженное давление, благодаря чему газ из газопровода будет эжектироваться (подсасываться) и лучше перемешиваться с воздухом.

Степень сжатия. Степень сжатия двигателя уменьшена, путем срезания верхней боковой кромки чашеобразной части поршня на 30 мм. Для газового двигателя степень сжатия равна 9 и высота камеры горения от верхней кромки поршня должна быть равна 33—34 мм.

Изменения в системе смазки. Смазка поршневого кольца в газовом двигателе изменена. Вместо смазки его со стороны цилиндрической втулки от разбрызгиваемого масла, устроена смазка кольца под давлением через сверление в шатуне. Сверление, имеющееся в бобышке поршня Дизеля, служащее для прохода масла со стенок цилиндра дизеля к поршневому пальцу, заглушается.

Для удаления паров масла из картера устроен отсос их в выхлопную трубу, после глушителя.

Распределение. Газовый двигатель имеет отличное от дизеля распределение. Различие состоит в изменении момента открытия всасывающего клапана. Перекрыши одновременного открытия всасывающего и выхлопного клапанов, в распределении газового двигателя нет.

Распределение газового двигателя 4ГЧ^{26/38}.

Начало всасывания	— 20° после В. М. Т.
Конец всасывания	— 35° после Н. М. Т.
Начало выхлопа	— 55° до Н. М. Т.
Конец выхлопа	— 10° после В. М. Т.

За ж и г а н и е. Как уже отмечалось, вместо топливной аппаратуры дизеля на реконструированном двигателе устанавливаются приборы зажигания. В частности, в рассматриваемом двигателе установлены приборы зажигания, применяемые на автомобилях ГАЗ-А и ГАЗ-АА.

Аппаратура зажигания состоит из следующих частей:

1. Динамомашины с зубчатой передачей от коленчатого вала.
2. Аккумулятора.
3. Ручных рубильников-переключателей, с пускового положения зажигания на рабочее.
4. Бобины.
5. Прерывателя-распределителя, с цепной передачей от распределительного вала.
6. Свечей зажигания.

Применительно к условиям работы двигателя, приборы зажигания подвергаются следующим изменениям:

Вводится охлаждение динамо-машины крыльчаткой, посаженной на валу динамо и бобины, помещением ее в масляную ванну, в свою очередь охлаждаемую проточной водой.

Нормальный конденсатор прерывателя заменен конденсатором большей емкости.

Свечи применяются обычно авиационные, с диаметром резьбы 18 мм.

При пуске двигателя источником тока является аккумулятор, затем при достижении двигателем нормальных оборотов, зажигание переводится на питание током от динамо-машины параллельно с аккумулятором.

В последнее время в технике начинает получать все большее применение, так называемый, обратимый дизель-газомотор, могущий работать как на нефти, так и на газе. „Обратимость“ двигателя является очень важным в эксплуатационных условиях фактором. При переходе дизеля на газообразное топливо имеет место некоторое снижение мощности (10—20%), при чем это наблюдается лишь в тех случаях, когда для газового варианта применяется генераторный газ.

Необходимо отметить, что в последних моделях двигателей Дизеля, переделанных на газ, падения мощности двигателя почти не наблюдается. Можно полагать, что в дальнейшем двигатели, переведенные на газ, по своей мощности не будут отличаться от мощности нефтяных двигателей.

Рассмотрим еще один случай переделки на газ дизеля 4Ч 42,5/60¹⁾ завода „Двигатель революции“. Важнейшим условием переделки в данном случае явилась возможность переключения двигателя с газа на нефть. Газообразным топливом, в рассматриваемом примере, служил природный газ (теплотворная способность — 8800 кал./м³).

Необходимое снижение степени сжатия с $\Sigma = 13$ до $\Sigma = 5,5$ достигается путем замены существующих поршней новыми поршнями с днищами пониженными на 60 мм. Для возврата к старой степени сжатия под пята шатуна подводится специальная прокладка, компенсирующая понижение днища поршня.

Необходимость смены шатунных болтов при переходе с одного вида топлива на другой, т. е. при работе без прокладки и с прокладкой устранена тем, что при работе без прокладки ставятся специальные, удлиненные гайки. Болты выполнены удлиненными, что при работе с прокладкой позволяет пользоваться гайками нормальными.

Весьма актуальное значение имеет выбор двигателя для индивидуальных мелких силовых установок в различных сельскохозяйственных пунктах — колхозах, совхозах и др. В огромном большинстве районов, преобладающим типом первичного двигателя в таких установках являются нефтянки (от 15 до 50 л. с.), а в ряде случаев и тракторные двигатели, работающие на керосине или лигроине.

¹⁾ Двигатель 4Ч 42,5/60 рассмотрен в лекциях: „Констр. нефт. д. в. с.“ А. А. Зинченко.

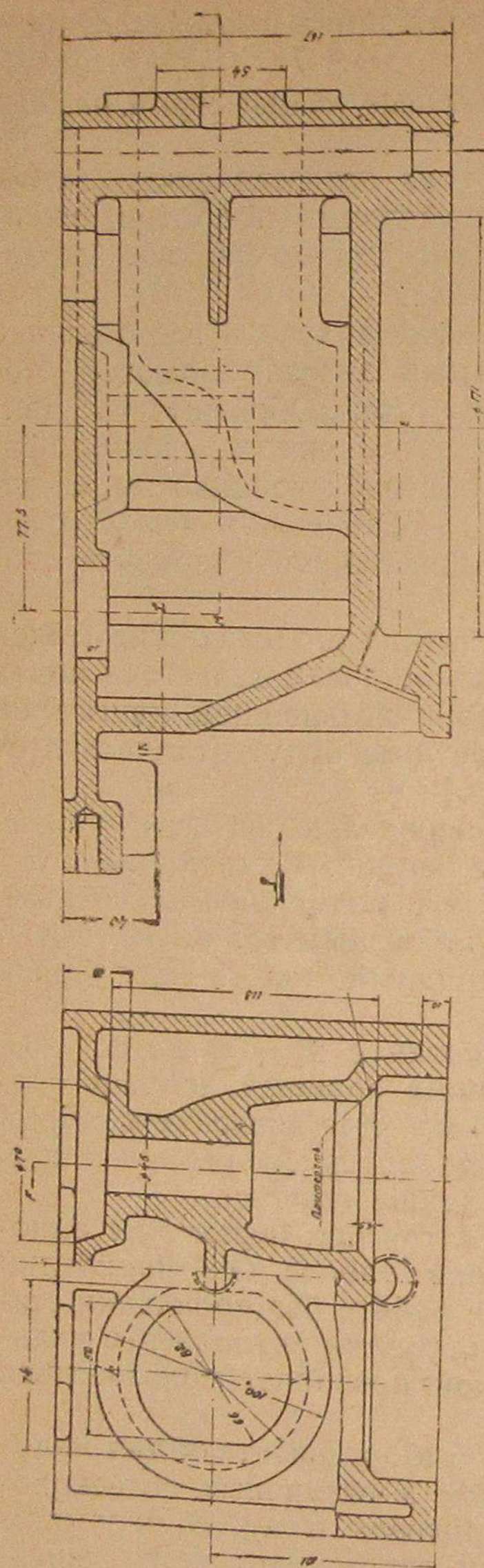


Рис. 19

Изучение проблемы массового обеспечения таких потребителей двигательной энергией показало, что необходимо предложить такой тип силовой установки, который не только имел бы в своем составе первичный двигатель достаточной мощности, доступный для приобретения и относительно дешевый в эксплуатации, но и базировался бы при этом на местном виде топлива, тем самым исключая необходимость в дальнепривозном жидком топливе.

Учитывая указанные выше условия автором была предложена газосиловая стационарная установка на торфе с мотором от трактора ЧТЗ-65¹⁾.

Приспособление серийного лигроинового двигателя для работы на смешанном генераторном газе заключается в следующем²⁾:

1. Степень сжатия, путем установки специальной головки цилиндра, доведена с 3,96 до 6,5.

2. Изменен всасывающий коллектор с тем, чтобы двигатель мог засасывать газ с воздухом из смесителя либо смесь паров бензина или керосина с воздухом — из карбюратора (для запуска).

3. К всасывающему коллектору устанавливается дополнительное устройство — смеситель.

4. Усилено зажигание.

Параллельно с лигроиновыми двигателями ЧТЗ-65, в экс-

¹⁾ Подробнее об этом, см. журналы: „Энергетика“ № 3—4 1937 г. и „Электрификация и механизация социалистического сельского хозяйства“ № 1, 1938 г.
²⁾ Реконструированные детали (рис. 19—21) показаны по чертежам Челябинского тракторного завода.

плуатации находятся значительное количество газогенераторных двигателей (также производства Челябинского тракторного завода), перевод которых на торф в полне возможен.

Однако, практика показывает, что приспособление обычного лигроинового двигателя ЧТЗ к работе на генераторном газе может быть осуществлено и силами машинно-тракторной станции или другой механической мастерской.

Наиболее важной отличительной деталью газогенераторного

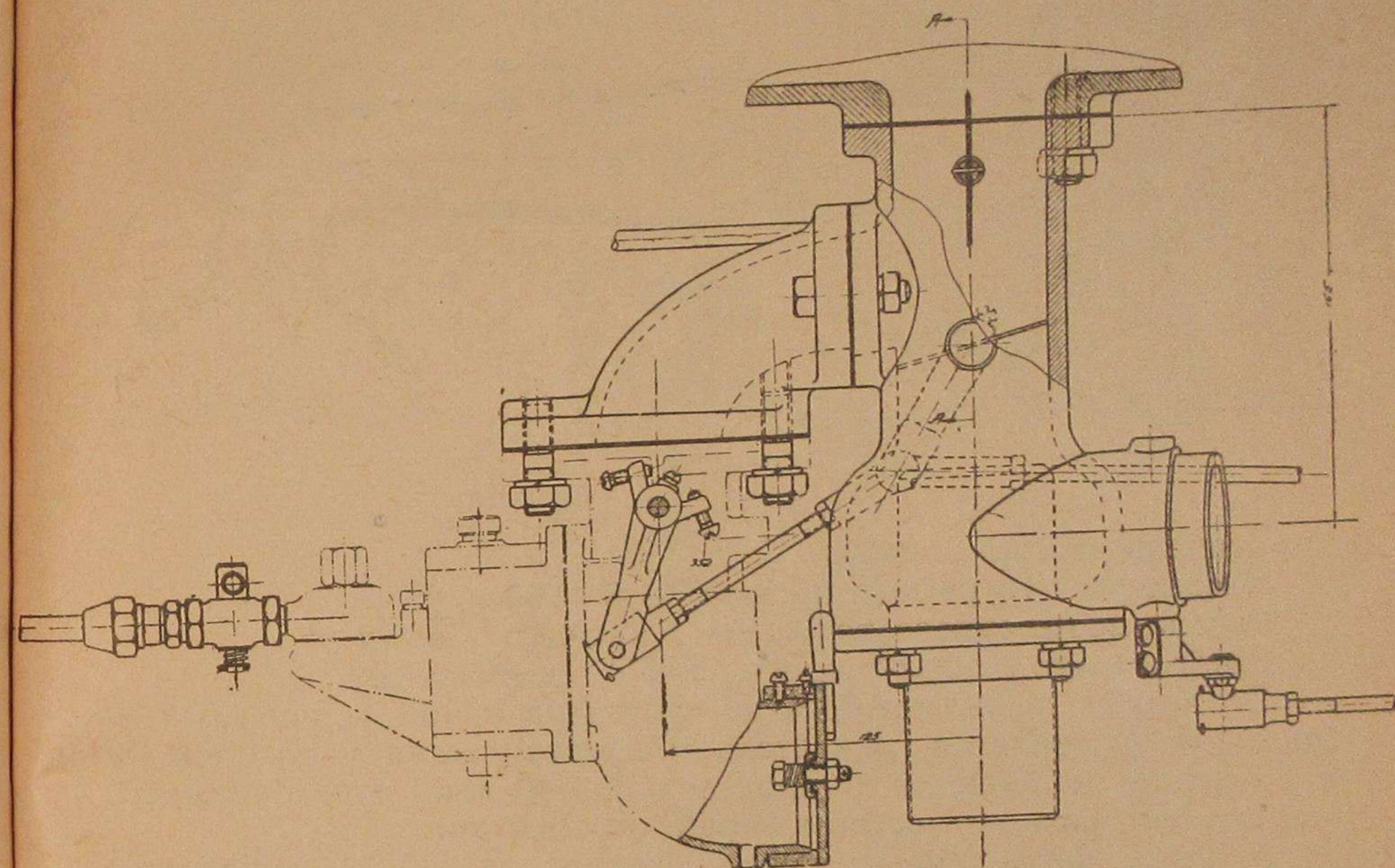


Рис. 20

тракторного двигателя в сравнении с типовым лигроиновым двигателем являет измененная головка цилиндра; на рис. 19 представлена эта деталь.

На рис. 20, 21 показаны смесители всасывающая труба к рассматриваемому двигателю.

Следует отметить, что значительным ресурсом для рассмотренных маломощных установок являются тракторные моторы амортизированные или такие моторы, которые по тем или иным причинам не могут работать в сложных транспортных условиях. Для стационарной установки, где условия работы мотора более спокойны, такие двигатели, как показали проведенные опыты, могут с успехом применяться.

Основные показатели работы газогенераторной силовой уста-

новки на торфе с мотором от трактора ЧТЗ-65 характеризуются следующими данными:

Теплотворная способность торфяного газа — 1200 кал/м³.

Калорийность газо-воздушной смеси — 580 кал/м³.

К. п. д. двигателя — 0,24.

К. п. д. газогенератора — 0,68.

Общий к. п. д. газотракторной установки — 0,16.

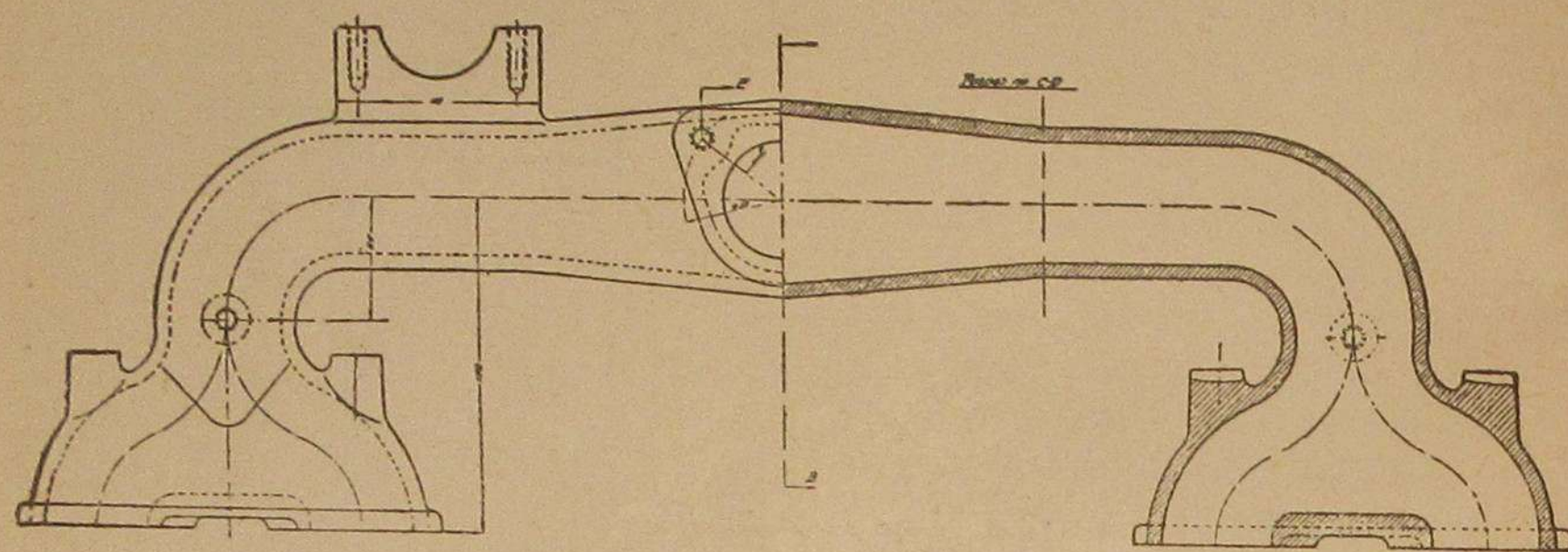


Рис. 21

Степень сжатия — 6,5.

Мощность при работе на газе — 52—55 л. с.

Расход возд. сухого торфа на 1 квт/час — ок. 2 кг.

Газогенератор обращенного типа — двухзонный.

Стоимость всего комплекта газогенераторной установки (газогенератор, очистка, двигатель и электрическая часть) вместе со зданием колеблется в пределах 30—40 тыс. руб. Стоимость одного квт/часа на местном торфе ок. 26,0 коп.

Работы, проведенные также Инсторфом, НАТИ и Белорусской Академией Наук в части приспособления тракторов СТЗ и ХТЗ для работы на торфяном генераторном газе позволяют предполагать, что в стационарных условиях тракторные двигатели и этих марок могут надежно работать на торфяном генераторном газе с высоким техническим и экономическим эффектом.

Переведенный на газ двигатель ХТЗ характеризуется такими данными:

Степень сжатия двигателя доведена до 7,5, что достигнуто путем прострагивания стандартной головки блока цилиндров, с установкой на поршнях 7 мм алюминиевых накладок.

Среднее время необходимое для розжига газогенератора до момента перевода двигателя на питание газом 8—9 минут.

Средняя мощность на газе — около 29 л. с. (т. е. потеря мощности около 16%).

Примерно такие-же данные снижения мощности при работе на газе из торфа получены НАТИ и Инсторфом на тракторном двигателе СТЗ-8.

На базе тракторного мотора (ЧТЗ-60) интересную стационарную установку осуществили А. В. Коновалов и П. А. Коломинов. Предложенный ими газогенератор может работать не на разделанных и специально обработанных чурках, как это принято в тракторных газогенераторных установках (что для стационарных силовых установок, рассматриваемого нами типа, является совершенно не подходящим), а на дровах различных пород, длиной до 50—80 см, без предварительной искусственной подсушки.

Мощность двигателя составляла в рассматриваемой установке около 45 л. с.

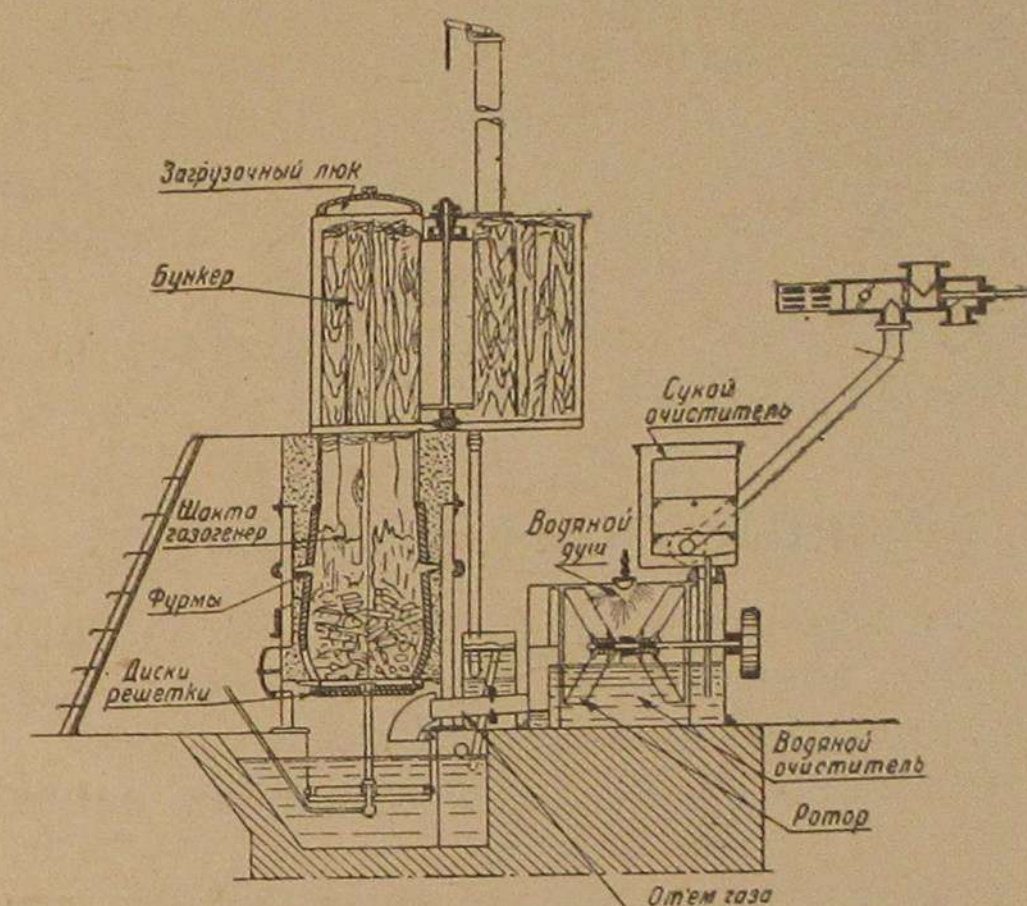


Рис. 22

На розжиг генератора, до полного перевода двигателя на газ, затрачивается 28 мин. Расход дров — швырка составлял около 1,5 кг на 1 л. с.-час. Расход бензина на 1 пуск двигателя около 0,9 кг.

Расход воды на охлаждение двигателя — 10 л в минуту.

Основным отличием предложенной Коноваловым и Коломиновым установки, является оригинальная конструкция газогенератора, в котором загрузочное устройство снабжено вертикальными вращающимися цилиндрами. Колосниковая решетка выполнена из двух дисков с прорезами, из которых верхний диск неподвижен, а нижний установлен с возможностью вращения.

Также на швырковых дровах, но с применением газогенераторного двигателя ЧТЗ МГ-17 — 65-75 л. с. инж. Васьковым разработан проект стационарной газосиловой установки (газогенератор к этой установке описан на стр. 24).

В этой установке запроектировано непосредственное соединение двигателя МГ-17 с генератором трехфазного тока. Выход

газа из одного килограмма топлива составляет $1,96 \text{ м}^3$, а потребность двигателя в газе при максимальной нагрузке равна $145 \text{ м}^3/\text{час}$.

Часовой расход топлива, с учетом коэффициента 1,15 составит на 1 л. с. ч. — 1,2 кг. к. п. д. двигателя — 26,5%.

Водоснабжение осуществляется следующим образом: из насоса вода подается в две деревянные бочки емкостью 250 л. каждая и непосредственно в скруббер. Бочки являются резервом для обеспечения агрегата водою на период запуска двигателя. При работе двигателя вода из насоса подается прямо в скруббер на охлаждение и промывку силового газа.

Годовой расход на содержание обслуживающего персонала, определен автором, для работы в три смены — 27950 руб., в две смены — 13990 руб., в одну смену — 7000 руб. Потребные капиталовложения — 27900 руб. Средняя себестоимость одного киловатт-часа — 26 коп. (при цене дров, разделанных на размер швырка — 14 руб. 40 к. за 1 м^3).

Наиболее эффективной окажется описанная выше установка в районах разработок лесных массивов.

КРУПНЫЕ ГАЗОВЫЕ МАШИНЫ

В металлургической промышленности до настоящего времени сохраняют большое значение газовые двигатели, работающие на доменном газе. По своей конструкции и условиям эксплуатации, эти двигатели отличаются от рассмотренных ранее типов газовых машин.

Ниже представлены основные характеристики доменного газа, как топлива для газовых машин.

Газ, выходящий из доменной печи (доменный газ) подвергается очистке от рудной и коксовой пыли. Только после тщательной очистки газ может быть направлен в газовую машину.

Средний состав доменного газа:

Водород (H)	— 2,6%	Средняя теплотворная способность доменного газа . . . 950 кал/м ³ (колебания от 850 до 1100 кал/м ³)
Окись углерода (CO)	— 28%	
Метан (CH ₄)	— 0,4%	
Углекислота (CO ₂)	— 9%	
Азот (N)	— 56%	
Влага (W)	— 4%	

Содержащаяся в колошниковом газе пыль вредна, так как закупоривает и загрязняет двигатель, что содействует его быстрому износу. Это обстоятельство вынуждает очищать газы до их поступления в машину.

Сложная система очистки доменного газа позволяет доводить в нем содержание пыли до 0,03 — 0,01 гр. на куб. м.

Доменная печь, производительностью в 500 тн в сутки, считая на 1 т расплавленного чугуна $3500\text{—}4000 \text{ куб. м}$ газа, дает около $2.000.000 \text{ м}^3$ доменного газа. При расходе на каупера и по-

тери около 45% газа, на силовые нужды останется около $1.100.000 \text{ м}^3$, что в переводе на энергию составит $350000\text{—}400000 \text{ л. с./час}$. в сутки; это, в свою очередь, определяет двигательную мощность в $15000\text{—}16000 \text{ л. с.}$

Получаемая энергия может быть использована как для собственных нужд (воздуходувки, подъемники, очистители и др.), так и для питания других потребителей.

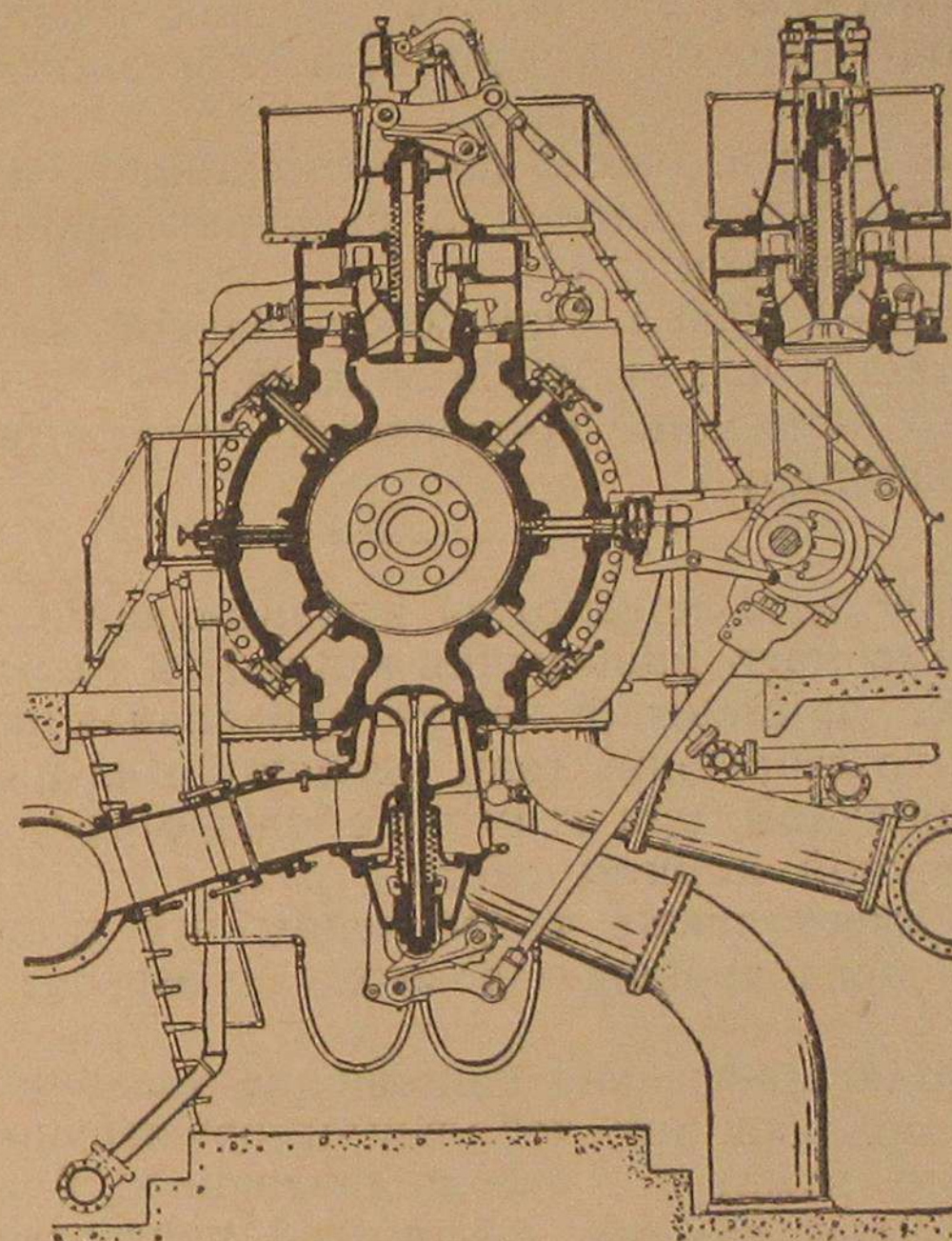


Рис. 23

В металлургических районах для газовых двигателей применяется также газ коксовых печей. Средний состав коксового газа следующий:

H₂ — 45—55%, CH₄ — 30—40%, C₂H₄, C₆H₆ — 2—4%, CO — 6%, CO₂ — 1—2%.

Теплотворная способность — $3000\text{—}4000 \text{ кал/м}^3$.

Современные газовые машины, предназначенные к работе на доменном газе в крупных металлургических предприятиях представляют собой обычно горизонтальные, четырехтактные тандем-машины двойного действия.

Рассмотрим наиболее современные, недавно установленные Иллинойской стальной кампанией в Чикаго газовые машины. Эти машины имеют мощность 6600 квт каждая и являются наи-

более мощными из известных газовых машин. Машины четырехтактные, двойного действия, сдвоенного тандем типа. Каждая машина имеет 4 цилиндра, число оборотов — 83 в минуту.

Несмотря на значительный вес масс, которые требуется привести в движение для пуска машины, придания необходимой скорости, синхронизации и загрузки — достаточно 2-х минут.

Особое внимание в описываемой конструкции уделено высокому качеству смеси, что обусловлено тщательным перемешиванием газа с воздухом; это условие, в свою очередь, определяет и высокой термический коэффициент полезного действия машины.

Расход тепла составляет в данной машине — 3200 кал/квт-час.

Для общего представления о размерах машины достаточно привести такие данные:

Вес агрегата — 2000 т. При максимальной нагрузке одна машина потребляет в час — 28000 м³ газа.

На рис. 23 показаны поперечный разрез рассматриваемой машины по цилиндру.

В последние годы предложен и применяется ряд приспособлений для временного повышения мощности газовых двигателей.

Наибольшее применение нашла добавочная продувка, состоящая в том, что сгоревшие газы удаляются из цилиндра продувкой чистым воздухом, при этом освобождается место для чистой, более теплоценной порции смеси.

Продувка имеет также то значение, что понижает температуру стенок и предотвращает возможные взрывы во время такта сжатия.

В конце хода всасывания наполнение увеличивается добавочной подачей воздуха при небольшом избыточном давлении.

Необходимо отметить, что подавляющее большинство действующих мощных газовых двигателей представляют собой металлоемкие громоздкие машины. Дальнейшие пути развития газовых двигателей лежат несомненно не в механическом увеличении габаритов, а в применении новых принципов конструирования, в частности, в повышении оборотов, в увеличении числа цилиндров, использовании преимуществ двухтактного цикла и т. п.

Большое будущее предстоит газовой турбине.

РЕГУЛИРОВАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В ГАЗОВЫХ МАШИНАХ

Регулирование газовых машин встречается качественное, количественное и смешанное.

Принцип качественного регулирования заключается в изменении состава рабочей смеси. Количество горючего газа в заряде с уменьшением нагрузки уменьшается, ко-

личество же воздуха увеличивается, в результате чего газоздушная смесь обедняется. При этом, общее количество поступающей смеси остается постоянным, независимо от нагрузки двигателя.

Практически этот принцип регулирования заключается в том, что изменяется величина сечения для прохода газа или же величина сечения для прохода воздуха. При качественном регулировании необходимо иметь в виду, что чрезмерное обеднение смеси может привести к такому изменению температуры воспламенения смеси, при котором окажется невозможной ее вспышка.

Принцип количественного регулирования заключается в изменении количества поступающей смеси, при чем состав смеси не меняется.

Принцип смешанного регулирования представляет собой комбинацию количественного и качественного регулирования. Смешанное регулирование выполняется обычно, таким образом, что при больших нагрузках изменяется качество смеси, т. е. соотношение в смеси газа и воздуха, а при малых нагрузках изменяется количество смеси.

Это дает возможность не понижать воспламеняемости смеси при малых нагрузках, что является часто причиной нарушения процессов горения смеси в цилиндрах.

В крупных газовых машинах преимущественно применяется принцип смешанного регулирования.

Ниже на рис. 24 нами приводятся наиболее распространенные смесительно-регулирующие схемы:

а) с общим на весь двигатель смесительно-регулирующим клапаном;

б) с общим смесителем эжекционного типа, с количественным регулированием смеси общим дросселем;

в) с индивидуальными смесительно-впускными клапанами и общим регулированием газовым и воздушным дросселями;

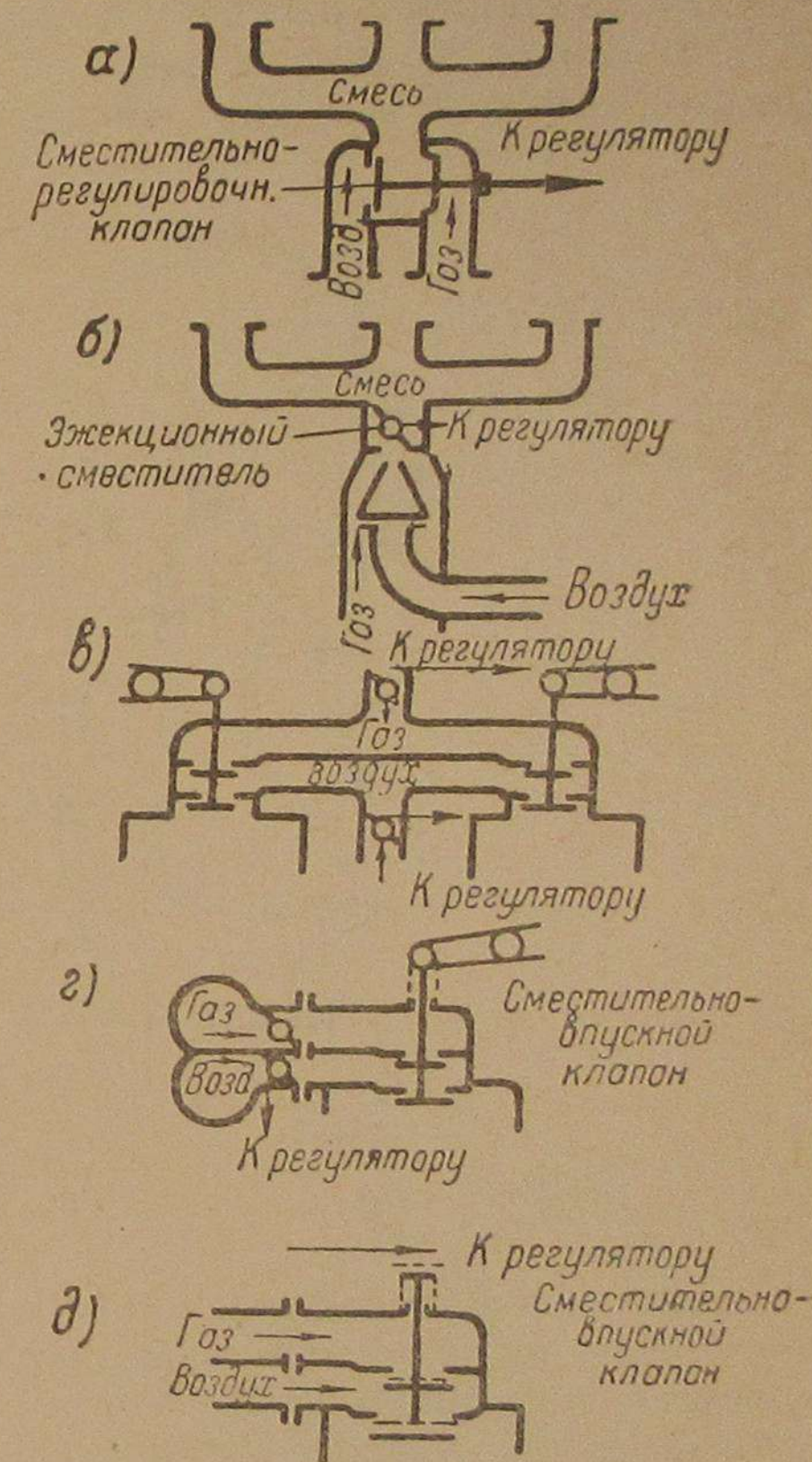


Рис. 24.

г) то-же, но с индивидуальным регулированием дросселями для каждого цилиндра;

д) то-же, но с регулированием их, путем изменения хода клапана.

На многих действующих двигателях Кертинга можно встретить смешивающий клапан, показанный на рис. 25.

В этом устройстве отверстия для воздуха и газа открываются при всасывающем подеме всегда в одинаковом соотношении, независимо от поднятия клапана. Получение нужной смеси необходимо соотносить с теплоценностью того или иного газа.

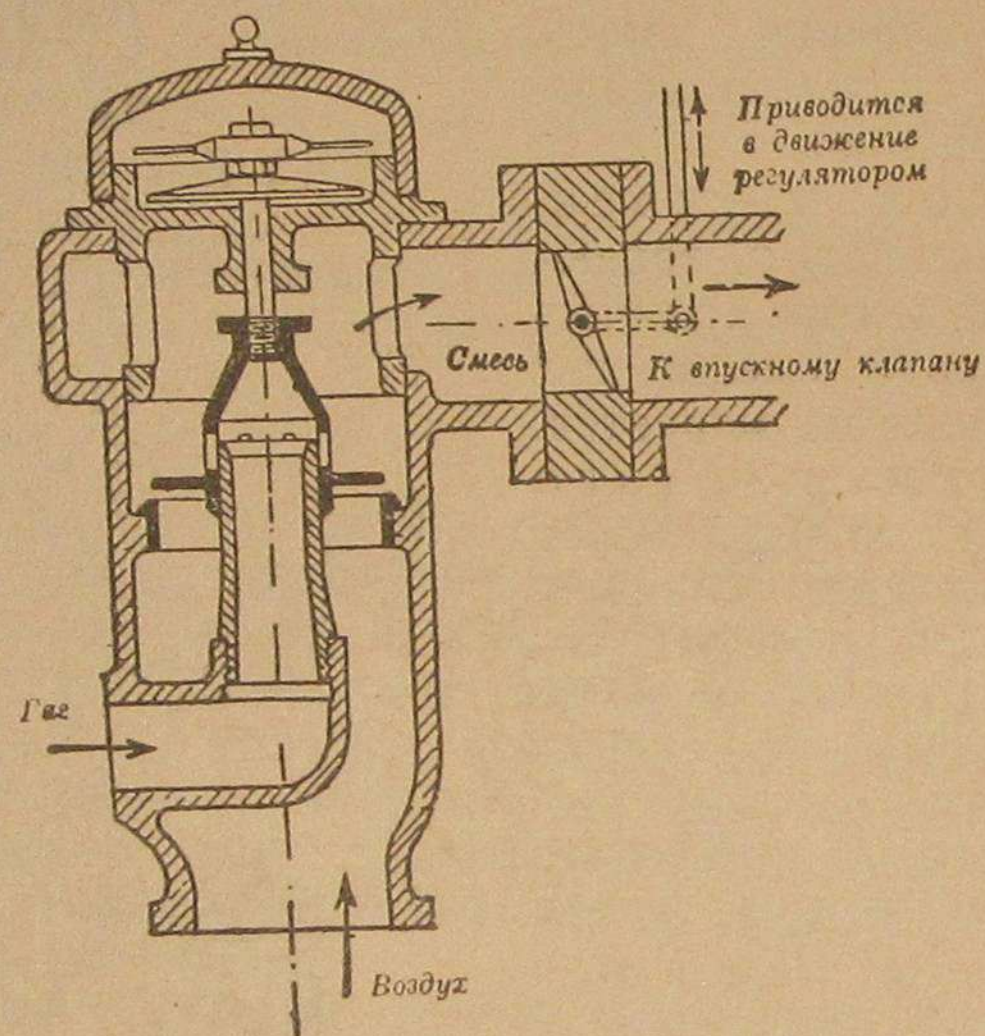


Рис. 25

Количество смеси регулируется дроссельным клапаном, размещенным между смешивающим и впускным клапанами и управляемым регулятором.

Известный интерес представляет регулировочное приспособление, введенное фирмой Дейц на газовых двигателях повышенной мощности (см. рис. 26). Пружинный регулятор двигает рычаг h , на нижнем конце которого находится ролик, представляющий собой точку опоры для двуплечего изогнутого рычага b . При укорачивании одного и соответственном удлинении другого плеча рычага, меняется впуск газа и воздуха; продолжительность открытия клапана остается всегда одинаковой.

При этом способе регулирования в цилиндр при полной нагрузке поступают большие, а при меньшей нагрузке меньшие количества зарядной смеси, постоянно одинакового состава.

Наполнение, слева наибольшее, справа — наименьшее; при

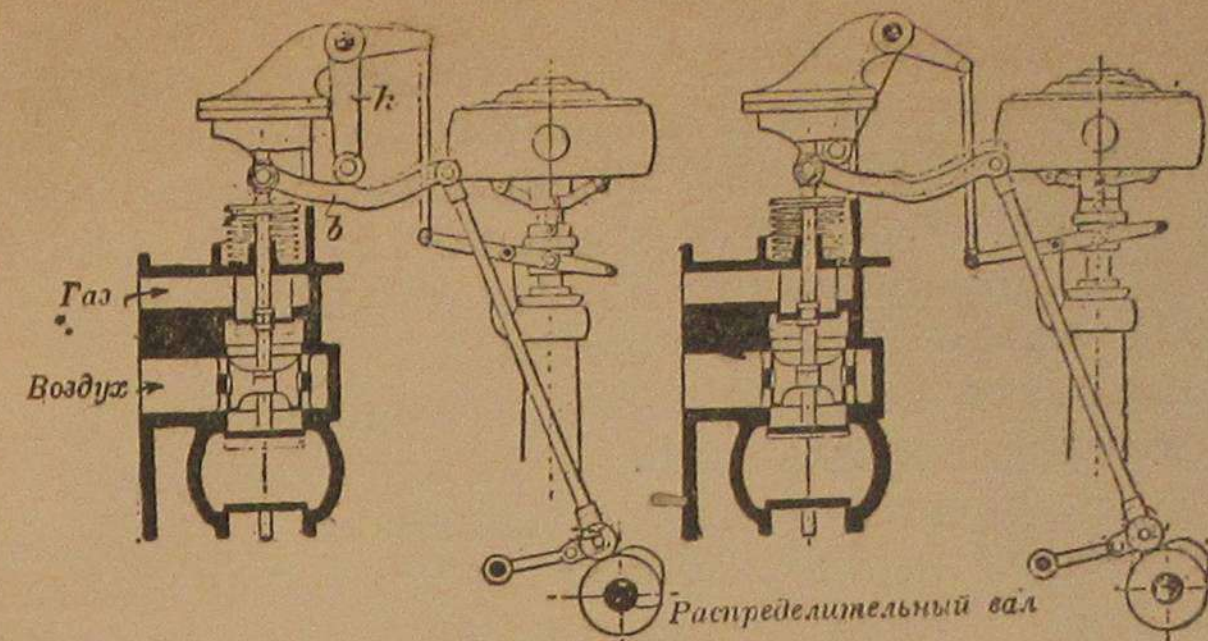


Рис. 26

этом состав смеси всегда остается наиболее выгодным для воспламенения и сгорания.

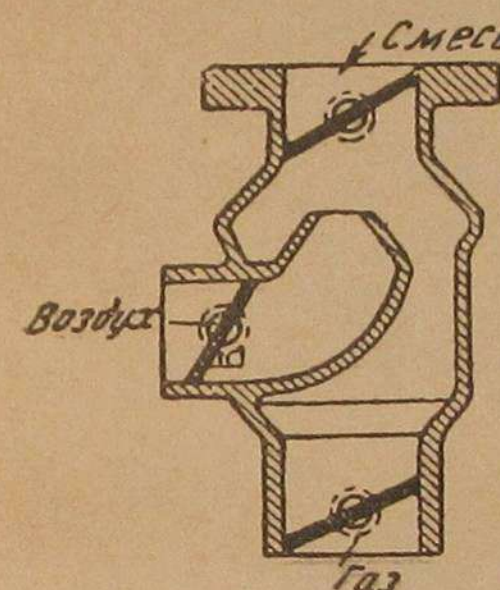


Рис. 27

В последнее время большое распространение в газовых двигателях начинают получать смесители эжекционного типа, так называемые, газовые карбюраторы. В простейшем конструктивном выполнении эжекционный смеситель показан на рис. 27. Принцип действия его состоит в следующем: в воздухопровод вставляется насадка — конус, через который проходит воздух. В месте выхода воздуха из насадки и встречи его с газом создается разрежение, благодаря чему газ из газопровода подсасывается к этому месту и перемешивается с воздухом.

Основным назначением распределительного аппарата в газовых машинах является своевременное наполнение цилиндров машины газовой смесью и своевременное удаление из цилиндров продуктов сгорания. В большинстве конструкций органы распределения выполняют также и другие функции, например, приводят в движение детали для зажигания и регулирования.

В большей части вертикальных и горизонтальных типов газовых двигателей движение клапанов осуществляется при помощи кулачных шайб. В газовых же машинах большой мощности, привод клапанов чаще всего осуществляется с помощью эксцентриков.

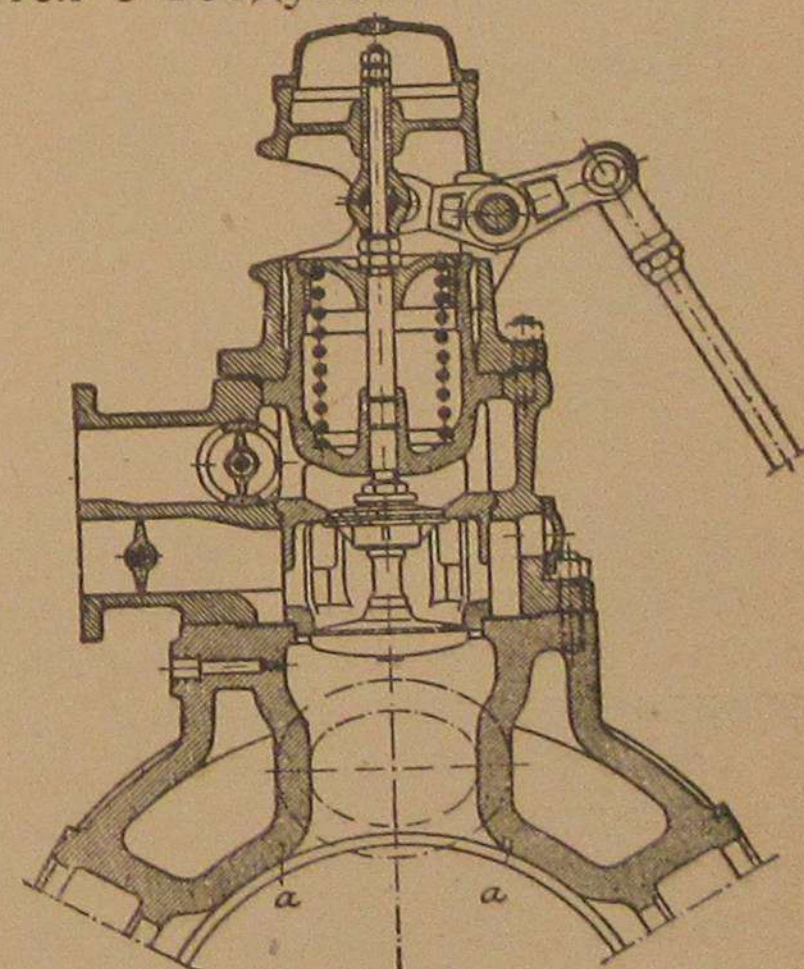


Рис. 28

При установке распределения необходимо учитывать влияние теплового расширения двигателя. Благодаря продольному расширению двигателя положение приводных кулаков или эксцентриков может изменяться по отношению к осям клапанов. Радиальное расширение цилиндра изменяет расстояние между распределительным валом и осью цилиндра.

Интересная конструкция простой и хорошо зарекомендовавшей себя системы распределения в газовых машинах, выпускаемых заводом „Эргардт и Земер“ показана на рис. 28. Здесь регулятор переставляет исключительно дроссельные заслонки, расположенные в газо- и воздухопроводе, впускной же клапан имеет постоянную высоту подъема и точно так-же как и выпускной клапан управляется кулачной шайбой.

КОМПАНОВКА ГАЗОСИЛОВЫХ УСТАНОВОК

В настоящем разделе рассмотрены несколько примеров компоновки газогенераторных силовых установок небольших мощностей.

В случае установки в газогенераторном помещении нескольких газогенераторов их обычно расплагают по одной оси. Та-

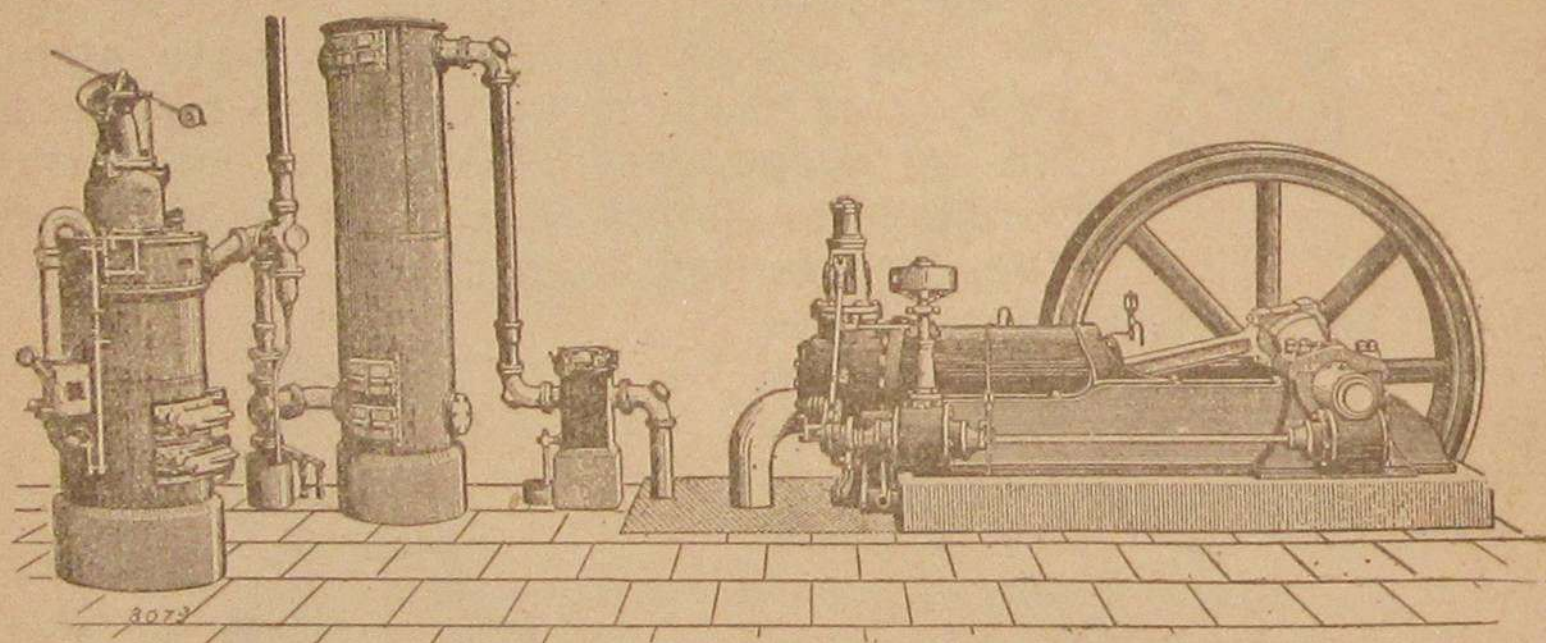


Рис. 29

кое размещение удобно в отношении подачи топлива, удаления золы и отвода газа. Расстояние между осями отдельных генераторов принимается в зависимости от их типа и размеров; для механизированных большее, для немеханизированных меньшее. Во всяком случае проход между генераторами должен обеспечить нормальное обслуживание газогенератора со всех сторон.

Машинный зал отделяется от газогенераторного помещения капитальной стеной. Современные газовые машины, обычно вертикального типа, связываются с электрогенератором непосредственно.

На рис. 29 показана компоновка газогенераторной силовой

установки типа „Отто - Дейц“, одной из первых моделей (от 6 до 40 л. с.) встречаемых в значительном количестве в эксплуатации в настоящее время. Основные элементы газогенераторной и очистительной частей установки и сопряжение с двигателем достаточно наглядно видны на прилагаемом рисунке.

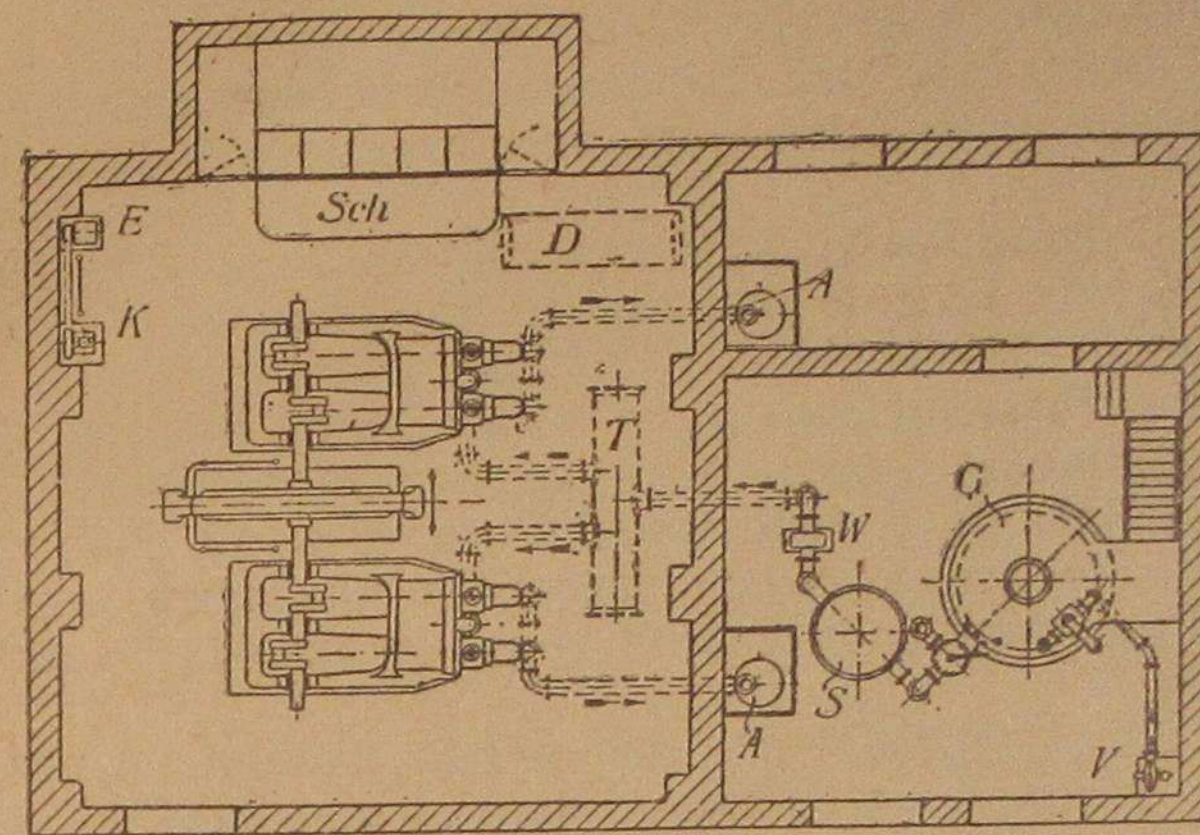


Рис. 30

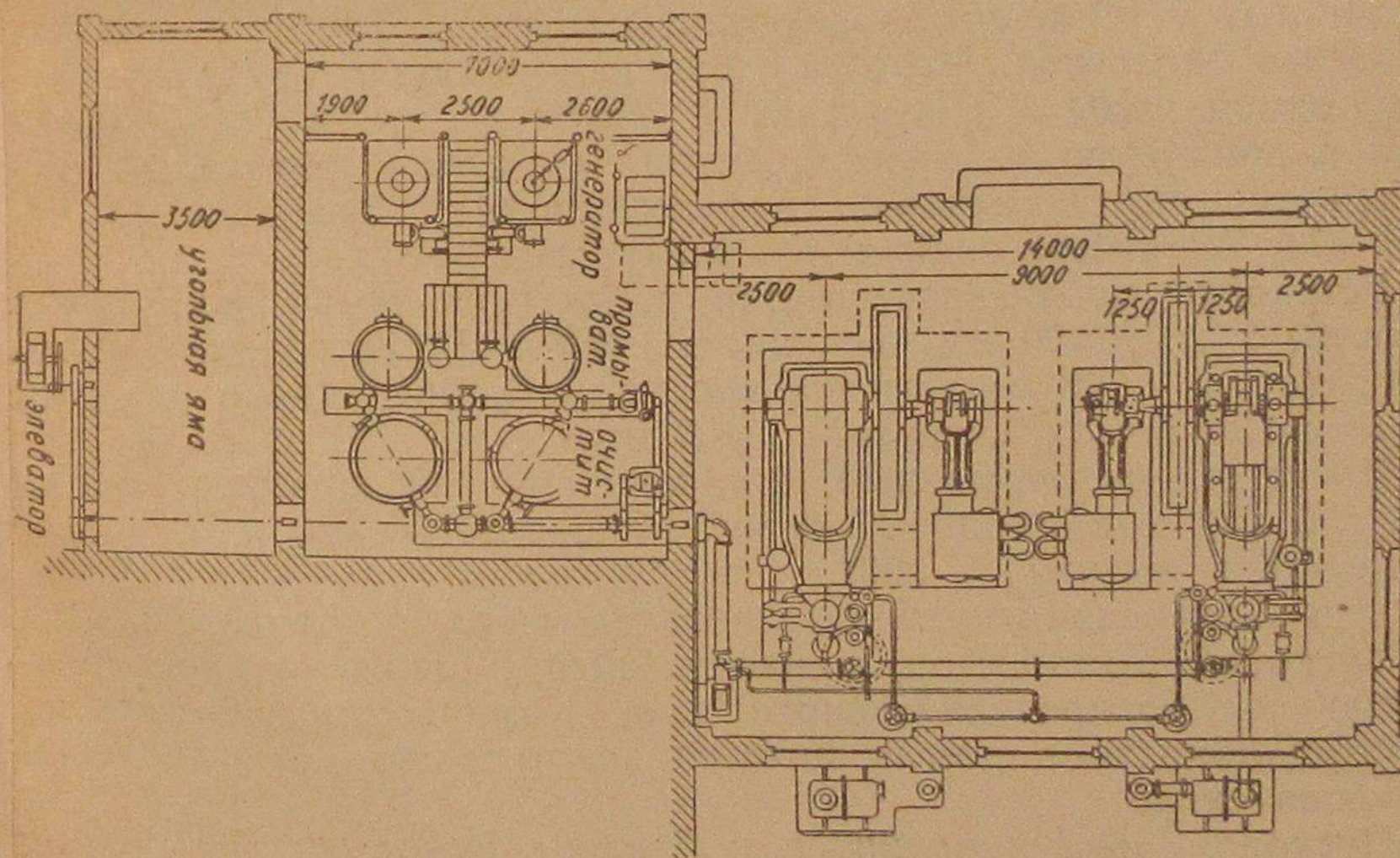


Рис. 31

На рис. 30 показан план газосиловой установки со сдвоенной четырехцилиндровой газовой машиной и антрацитовым газогенератором. Двигатель приводит в движение электрический ге-

нератор, ротор которого служит одновременно маховым колесом.

На рис. 30 показано: *G* — газогенератор, *S* — скруббер, *W* — водоотделитель, *T* — газовый горшок, *A* — выхлоп, *V* — вентилятор для пуска газогенератора, *D* — резервуар со сжатым воздухом для пуска в ход двигателя, *E* — электромотор для приведения в движение воздушного компрессора *K*.

Следует отметить, что сдвоенные газовые машины зарекомендовали себя в практике их эксплуатации с положительной стороны.

На рис. 31 изображен план газосасывающей установки, работающей на буром угле. В машинном зале размещены две газовых машин мощностью по 140 л. с. каждая.

Установка размещена весьма компактно, но все же общие габариты здания для такой мощности значительны.

В сопоставлении с газосиловой установкой, оборудованной современными вертикальными газовыми дизелями можно усматривать все недостатки громоздких горизонтальных машин старого типа.

На рис. 32 представлены подробный план и разрезы газогенераторной силовой установки с двигателем 2ГЧ^{26/38} — 70 л. с. Установка выпускается комплектно заводом им. 25 Октября в Первомайске. На рисунке показаны:

1. Двигатель 2ГЧ 26/38. 2. Балон пускового воздуха. 3. Пусковая труба от балона. 4. Масляный бак. 5. Труба 2" газовая от выхлопного коллектора в сливную воронку. 6. Труба 2" газовая подвод воды к двигателю. 7. Труба 4" газовая — подвод газа к двигателю. 8. Газогенератор. 9. Газоочиститель. 10. Газовый горшок. 11. Выносной подшипник. 12. Отражение. 13. Ремень. 14. Вытяжной клапан. 15. Электродвигатель.

Установка предназначена для работы на древесных чурках разм. 80 × 80 × 120 мм, влажностью 30%. Диаметр шахты газогенератора — 650 мм, высота шахты, от колосниковой решетки до нижних кромок затвора — 3600 мм.

Двигатель вертикальный, 2-х цилиндровый, диаметр цилиндра 260 мм, ход поршня 380 мм. Мощность 55—70 л. с., число оборотов в минуту — 300.

Для закачивания пускового воздуха в баллон, двигатель имеет пусковой компрессор, приводящийся в движение непосредственно от распределительного вала. Компрессор работает по мере надобности и всегда имеется возможность его включения и выключения.

Пусковой воздух хранится в баллоне емкостью 200 литров при давлении 150 атм.

Расход топлива. При влажности дров в 30%, расход дров, в описываемой установке составляет — 1,1—1,3 кг на л. с. час.

Двигатель допускает непродолжительную перегрузку в 10%.

Как правило, двигатель не должен перегружаться. Расход охлаждающей воды для двигателя составляет около 20 литров на 1 л. с. час.

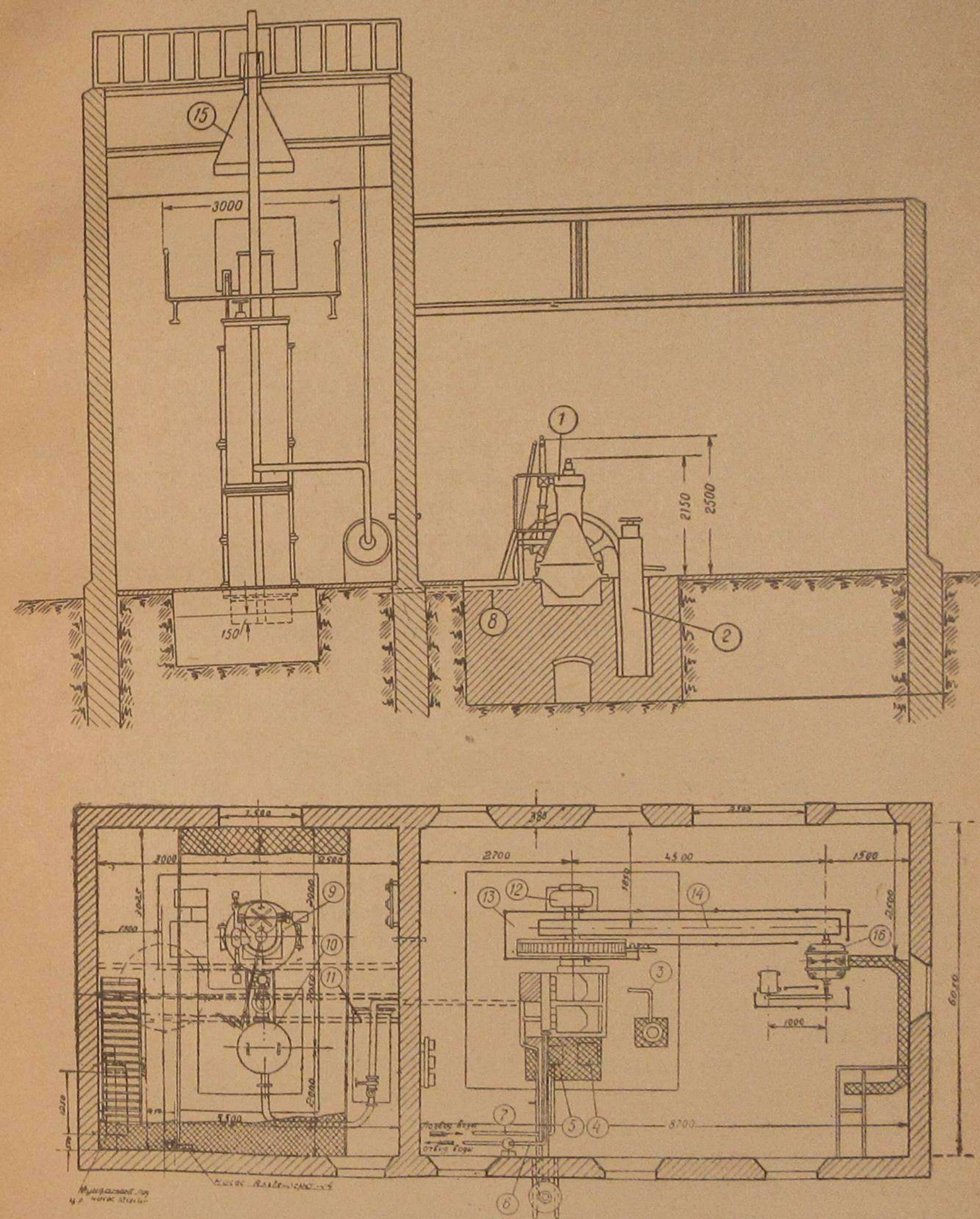


Рис. 32

Расход воды для охлаждения газа составляет около 6 литров на 1 куб. м газа.

Для данной установки расход воды на охлаждение газа составит:

$$6 \cdot 2,66 \cdot 1,2 \cdot 70 \cdot 1,15 = 1500 \text{ литр/час, где:}$$

6 — число литров охл. воды на 1 куб. м газа.

2,66 — выход газа на 1 кг топлива.

1,2 — расход топлива на 1 л. с. час.

70 — мощность двигателя в л. с.

1,15 — коэффициент, учитывающий увеличение расхода в эксплуатационных условиях.

Вся потребность в охлаждающей воде, учитывая и охлаждающую воду для двигателя составит для данной установки около 2,5—2,8 м куб. в час. Требуемый напор — 8 м водяного столба, считая от уровня пола машинного зала для двигателя и 12 м водяного столба для очистителя.

Предельная температура, выходящей из двигателя воды, при нормальной нагрузке 50° С, при более жесткой воде не выше 40 — 45° С.

На рис. 33 показана схема электростанции, оборудованной 3-мя газовыми двигателями 4ГЧ^{26/38} завода „Двигатель Революции“.¹⁾

В основу тепловой схемы проектируемой электростанции положен принцип агрегатности, состоящий в том, что каждый из 3-х газовых двигателей снабжается индивидуальной газогенераторной установкой.

Для повышения надежности эксплуатации и лучшего использования оборудования предусмотрен трансферный газопровод, подключение к которому осуществлено по выходе из сухих очистителей — перед газовыми горшками.

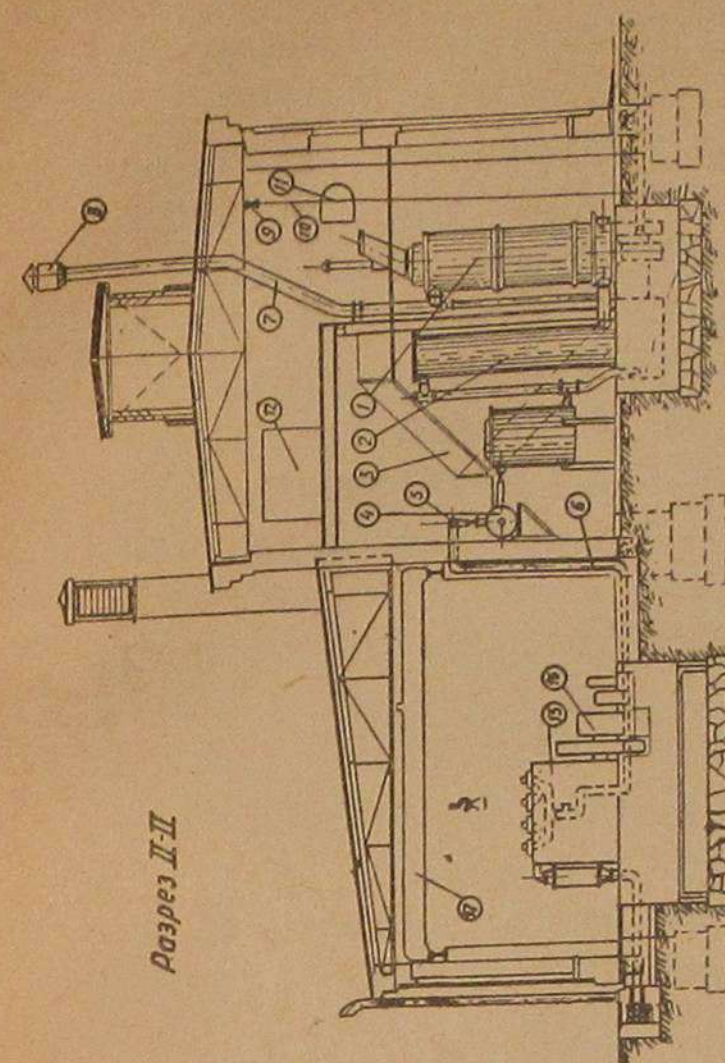
Наличие трансферного газопровода, связывающего между собой газогенераторные агрегаты дает возможность работать каждым из газогенераторов на любой двигатель.

Предусмотрена также возможность работы 3-х двигателей от 2-х газогенераторов при остановленном третьем.

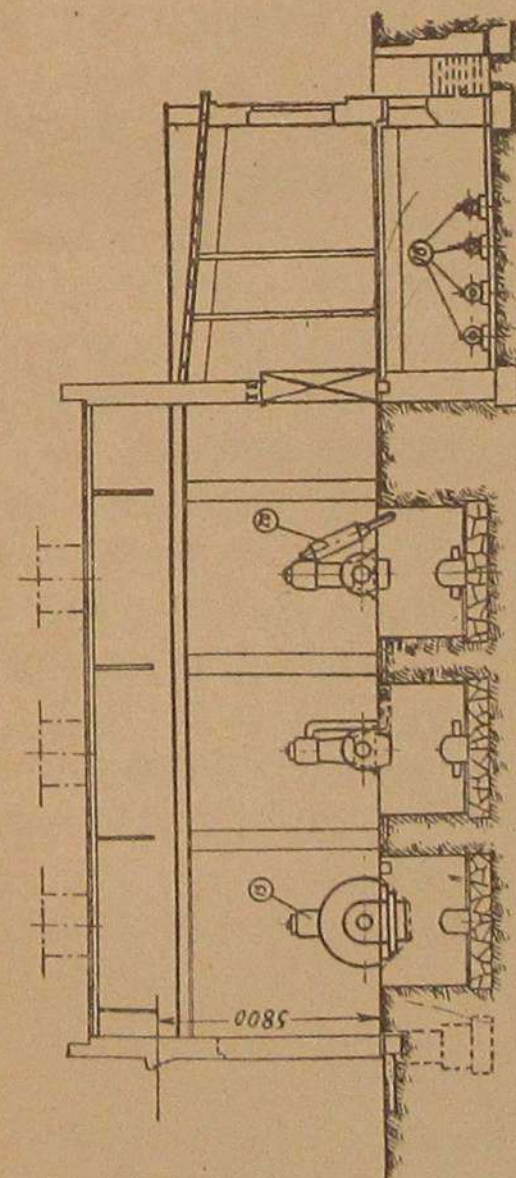
Генераторный газ выходит из нижнего патрубка газогенератора при температуре 450° С и поступает в мокрый очиститель. Соприкасаясь с водой, подводимой к мокрому очистителю, и пройдя сквозь коксовое заполнение, газ охлаждается и частично очищается.

Затем, в сухом очистителе, как уже отмечалось при рассмотрении газогенераторных установок этого типа, происходит дальнейшая очистка. Последняя стадия очистки газа происходит в газовом горшке, в котором благодаря повороту и потери скорости выпадают взвешенные частицы.

Выхлопные газы выходят из двигателя с температурой в среднем 460° С (при нормальной нагрузке) и проходя через



Разрез I-I



№	Наименование	Кол-во	Завод	Примечание
22	Пусковые баллоны	6	Завод „Двигатель Революции“	
21	Распределительный щит	1		
20	Подогреватель воды на выхлопных газах	3		
19	Газовый и выхлопной трубопровод	4	Завод „Желтополь“	ост. 6/27 НКП 331
18	Центробежный насос группы VIII промзв 9 м³/ч	1	Завод „Электросила Ленинград“	
17	Ручной масляный пран-качающая балка	3	Завод „Двигатель Революции“	
16	Генератор 3-х фазного тока типа СБ-14-20 400/230 В	1		
15	Газовый двигатель 110 л.с. 300 об/мин типа 4Б-26-38	3		
14	Шкафы для подвеса чурок	1		
13	Весы вагонеточные	1		
12	Водоопорный бак емк. 12 м³	2		
11	Кухонный опрелкный ползун емк. 12 м³	3		
10	Тельфер грузопод. 0,3 т	1	Завод „Стандарт-двигатель“	
9	Мониторный пульт	1		
8	Искрогаситель с вог. заветой	3		
7	Дымовая труба ф 300	3		
6	Газопровод к двигателю	3		
5	Газопровод трансферный ф 200	1		
4	Газовый горшок ф 716	1		
3	Сухой очиститель ф 1420	1	Завод „Двигатель Революции“	г. Горький
2	Мокрый очиститель ф 1020	1		
1	Газогенератор типа Г 2 ф 1420 для работы на дробяный чуркам	1	Завод „Двигатель Революции“	
Итого	Наименование	Кол-во	Завод	Примечание

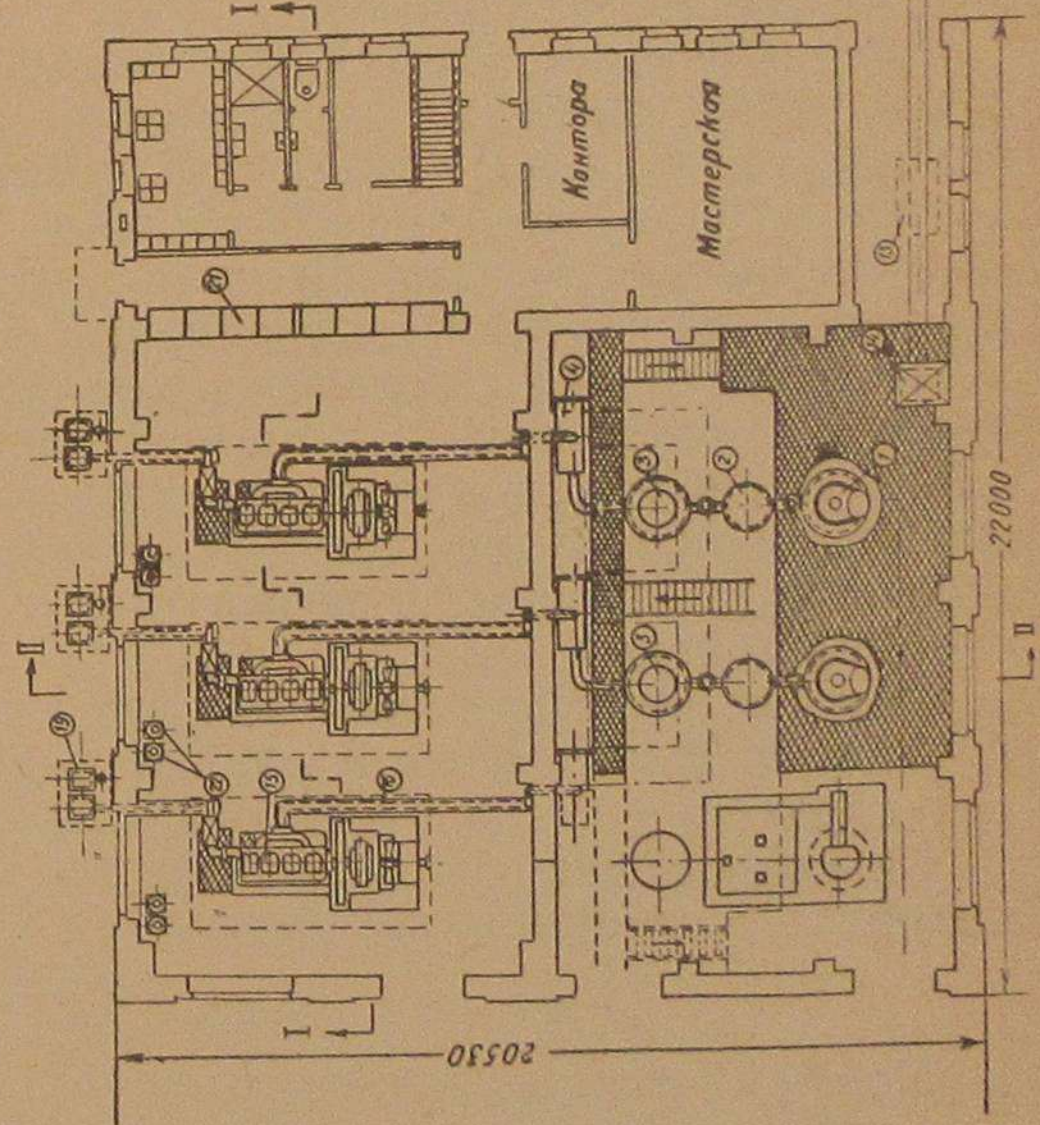


Рис. 33

Схема газогенераторной силовой установки с 3-мя двигателями 4ГЧ 26/38 зав. „Двигатель Революции“.

1) Установка спроектирована Киевской конторой „Союзтранспроект“.

теплообменник охлаждаются до температуры 250° С, нагревая воду, выходящую из двигателя. Через подъемный 2-х камерный глушитель и выхлопной стояк газы выбрасываются наружу.

Система водоснабжения двигателей и скрубберов, в рассматриваемой установке, принята замкнутая — циркуляционная.

В связи с загрязненностью скрубберной воды возникает необходимость в создании 2-х отдельных систем водоснабжения: а) охлаждения двигателей и б) охлаждения генераторного газа.

Охлажденная в градирне до 30° Ц вода подается центробежным насосом к двигателям, где нагревается до температуры порядка 60° Ц. Под напором, создаваемым тем-же насосом, вода проходит последовательно теплообменник, в котором выхлопными газами двигателя нагревается до температуры 90° Ц, и систему вентиляции и отопления станции, где охлаждается до 60° Ц. С этой температурой вода сливается в подземный бак — цистерну, из которой вторым циркуляционным насосом подается на градирню.

Одна половина градирни предназначена для скрубберной воды, вторая для воды, охлаждающей двигателя. Вытяжная башня градирни общая.

Охлажденная в градирне скрубберная вода подается циркуляционным насосом в баки, установленные на высоте, с отметки дна, 7,15 м.

Из баков вода самотеком попадает в мокрые очистители, после которых сливается в резервуары под очистителями, где выпадают загрязнения. Отсюда по переливным трубам вода собирается в общий подземный сборник — цистерну скрубберной воды, установленную снаружи здания, откуда вторым циркуляционным насосом подается на градирню.

Каждый из 3-х газогенераторов установлен вместе со скруббером на отдельном бетонном фундаменте, служащем одновременно резервуаром для слива воды и образования гидравлического затвора. Сухие очистители установлены на отдельных небольших кирпичных фундаментах, на которые они опираются своими стойками.

Газовые горшки устанавливаются у стены машинного зала на кронштейнах на высоте 3 мтр. от пола, а трансферный газопровод крепится у той же стены на высоте 4 мтр.

Монорельсовая балка тельфера (грузоподъемностью 0,5 тн) крепится к стропильным фермам.

Расчет расхода топлива:

По техническим условиям завода „Двигатель Революции“ расход дров смешанной породы в чурках размером 80 × 80 × 200 мм влажностью до 30% составляет:

при нагрузке 100% — 1,1 кгр/час на л. с. и

при нагрузке 75% — 1,2 кгр/час на л. с.

Для этих расходов допускаются отклонения в 10%.

Часовой расход топлива 1 двигателем:

$$1,1 \times 1,1 \times 110 = 133 \text{ кгр/час.}$$

Расход топлива станцией за 8 часовую смену при работе 3-х двигателей:

$$133 \times 3 \times 8 = 3200 \text{ кгр/смену.}$$

Расход топлива станцией в сутки при работе 2-х двигателей кругло-суточно и третьего в одну смену составит:

$$133 \times 2 \times 24 + 133,8 = 7500 \text{ кгр.}$$

При определении месячных и годовых расходов топлива учитывается обычно дополнительно до 20% на неравномерность нагрузки и растопки.

ОСНОВНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО УХОДУ ЗА ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ И ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ

Перед пуском двигателя необходимо тщательно осмотреть его и убедиться в исправности основных деталей.

Специально надо проверить зажигание:

1. Правильность установки момента зажигания.

2. Зарядку аккумулятора.

3. Состояние свечей и искру, даваемую ими.

Необходимо также проверить давление в пусковом баллоне; при давлении ниже нормального возникают затруднения при пуске холодного двигателя.

Масло в маслосборнике должно быть залито в достаточном количестве и накачено в двигатель. Вода должна нормально поступать в двигатель.

Закончив проверку двигателя и установку его в пусковое положение, сообщают в газогенераторную о готовности к пуску.

После необходимых приготовлений в газогенераторном отделении (шуровка, закрытие фурм, пуск воды в скруббер и т. д.) нагнетают газ вентилятором из газогенератора через очистительную систему в атмосферу. Одновременно с прокачиванием газа проверяют его качество через контрольный краник, установленный после сухого очистителя или на газовом горшке. От поднесенной горячей спички газ должен воспламениться и гореть устойчивым факелом.

При хорошем качестве газа, цвет пламени факела получается фиолетовый с розоватым оттенком. Желтый цвет пламени указывает на недостаточный разогрев топлива в нижней части газогенератора. При сильно коптящем желтом пламени пуск двигателя лучше не производить, так как есть опасность его засмоления. В этом случае необходимо сильнее разжечь газогенератор естественной тягой или вентилятором.

После надлежащей подготовки двигателя к пуску и получения из газогенераторной сигнала — пускать двигатель, быстро включают зажигание от аккумулятора, ставя момент зажигания на 5—8° опережения и открывают вентиль пускового баллона.

Нагружать двигатель следует постепенно, понемногу увеличивая нагрузку.

Температура, исходящей из цилиндрических крышек воды, может иметь 50—60° С. Если по недосмотру или по другой причине вода нагрелась до 70° и выше, нужно постепенно открывая вентили, температуру убавить. Ни в коем случае не следует резко прибавлять холодную воду на перегретый цилиндр, так как это может вызвать появление трещин в крышке или втулке.

Если температуру снизить не удастся, то двигатель нужно остановить.

Для проверки не имеет ли место засмаливание двигателя или повышенное загрязнение его сажей периодически (например, раз в неделю), вынимают и осматривают один из всасывающих клапанов.

При наличии на клапане смолы, что недопустимо, или большого количества сажи осматривают остальные всасывающие клапана и всасывающий вентилятор и производят чистку и промывку.

Систематически должны проверяться на плотность всасывающие и выхлопные клапана.

Особое внимание надо обратить на плотность полости охлаждения стакана выхлопного клапана, так как попадание воды в цилиндр недопустимо.

При остановке:

1. Постепенно убавлять нагрузку и в течение 5—10 минут работать в холостую.

2. Открыть спускные краны для выпуска грязи и масла из цилиндра.

3. Закрывать вентиль до газового горшка или мешка, а после нескольких оборотов и вентиль после них.

4. После остановки двигателя выключить воду и зажигание, а также закрыть газовую задвижку.

5. Проверить, в закрытом-ли положении все клапаны, особенно впускной.

6. При длительных остановках крупных двигателей, рекомендуется ежедневно баксовать на 2—3 оборота, впуская по несколько капель масла в цилиндры и сальники, во избежание ржавления и прихватавания колец.

Кроме того, необходимо периодически производить осмотр и исправление отдельных частей, особенно следя за запалом и газовыми клапанами. В мелких двигателях это делается чаще, а в крупных реже.

Основные правила безопасности.

1. Газогенераторная станция, служащая помещением для газовых генераторов и вспомогательных устройств при них для промывки (скруббера) и очистки газа, должна быть построена обособленно или отделяться от помещения двигателя каменной

стеной (брандмауэром). Помещение станции должно быть достаточно высоко для свободного обслуживания сверху газогенераторной установки, достаточно просторно, быстро вентилируемо и хорошо освещено.

2. В случае отсутствия устройства искусственной вентиляции, необходимо следить за тем, чтобы во все время работы генераторов были открыты, по крайней мере, два больших вентиляционных отверстия: одно — у потолка и другое — у пола газогенераторной станции.

3. Вход в газогенераторную станцию посторонним лицам, т. е. не обслуживающим генераторы и разные устройства при них и не имеющим разрешения на право входа, воспрещается.

4. Число и расположение дверей и проходов в газогенераторной станции должно удовлетворять свободному подвозу горючего для газогенераторов и требованию, чтобы человек, находящийся в любом месте помещения, мог, в случае опасности, сразу найти выход из помещения; во всяком случае, число дверей не должно быть менее трех. Двери и окна должны открываться наружу от простого нажатия на них.

5. Пол в газогенераторной станции должен быть ровным, устроен из негорючих материалов и содержаться в исправности.

ПРИМЕЧАНИЕ: В существующих газогенераторных станциях допускается при сухом грунте земляной пол, но он должен быть плотно утрамбован мелким гравием.

6. При наличии подвального зольникового этажа, последний должен быть соединен с рабочим помещением металлическими лестницами с поручнями; площадки лестниц должны быть ограждены перилами высотой в 1 м, снабженными внизу, на высоте 25 см, сплошной железной стенкой. Вход в подвальный этаж должен быть снабжен плотно прилегающей к входному отверстию крышкой, которая должна свободно открываться как сверху, так и снизу.

7. Для удаления шлаков и золы из подвального этажа должны быть устроены особые люки, открываемые только во время очистки; эти люки следует устраивать вне рабочего помещения станции.

8. Газовые генераторы, скруббера и пр., имеющие части, которые нельзя удобно и безопасно обслуживать стоя на полу помещения, должны быть снабжены специальными площадками из негорючего материала и железными лестницами с поручнями для подъема на площадки. Последние должны быть ограждены перилами высотой не менее 1 м, снабженными внизу, на высоте 25 см, сплошной железной стенкой.

9. При наличии нескольких генераторов, каждый из них должен включаться и выключаться из общей газопроводной трубы при посредстве отдельных кранов или плотных задвижек, такие

же краны или задвижки должны быть введены при скрубберах и очистителях (фильтрах) на случай их выключения.

10. Для отвода газов, образующихся при розжигании генератора и при остановке газового двигателя, должна быть устроена специальная отводящая труба, выведенная выше крыш окружающих зданий не менее, как на 2 м. Вывод газов из газового двигателя и генератора в одну и ту же трубу воспрещается.

11. Все части газовых генераторов и газопроводов, которые во время работы сильно нагреваются, не должны соприкасаться с горючим материалом и, в доступных для рабочих местах, должны быть покрыты изоляцией из плохого проводника тепла. Расстояния между сильно нагревающимися неизолированными частями и деревянными частями зданий станции должны быть не менее 0,5 м для устройств и трубопроводов после скрубберов и не менее 1 м для газогенератора и его газопроводов до скрубберов.

12. Для измерения давления или вакуума во всех отдельных устройствах газогенераторной станции должны быть устроены специальные приборы.

13. При газовсасывающих установках давление в генераторе во время работы не должно быть выше атмосферного.

При нагнетательных установках должна быть полная герметичность всего газогенераторного устройства, вплоть до двигателя, что должно периодически проверяться. Все стенки должны быть смонтированы на непроницаемых асбестовых прокладках.

Прекращение пуска газа в двигатель (при остановке последнего) должно сопровождаться одновременным выпуском газа в атмосферу через отводящую трубу (см. ст. 10).

14. Газовые генераторы должны быть снабжены приспособлениями (напр., двойными запорами и т. п.), исключающими возможность проникания газа из генератора через загрузочное отверстие в количествах, опасных для здоровья работающих.

15. При пуске в ход газогенераторной установки, обслуживающий установку персонал должен убедиться в исправном состоянии и действии всех частей установки. Помимо этого, должен быть периодический, не реже одного раза в неделю, осмотр ответственным лицом установки на ходу для контроля, не происходит ли утечка газа в рабочее помещение; о результатах осмотра делается запись в особой книге.

16. Для избежания выхода газов из генератора при шуровании желательно устроить приспособления в виде, напр., колопаков с трубами достаточной тяги для улавливания и отведения газов непосредственно перед соответствующими отверстиями.

17. Газопровод из генератора или газогенераторной станции к двигателю должен быть снабжен клапаном, расположенным, по возможности, близко к двигателю для предупреждения опасности распространения взрыва из двигателя по газопроводу. Если газогенераторная станция устроена в обособленном по-

мещении, необходимо иметь два клапана илишибера: один в начале газопровода, другой — ближе к двигателю.

18. Доступ в газопровод или в другие содержащие газ устройства газогенераторной станции разрешается лишь при совершенно погасшей топке генератора и после того, как газопроводы и прочие устройства, как-то: скрубберы и очистители, будут тщательно (в продолжении нескольких часов) провентилированы.

19. Работы по очистке и ремонту внутри генераторов, газопроводов, скрубберов и очистителей должны производиться при непременно выключении их из общей системы, при закрытых клапанах, илишиберах — в чем надлежит всякий раз отдельно удостоверяться, — и в присутствии ответственного лица и запасных рабочих, для возможности быстрой смены почувствовавших себя дурно рабочих и подачи им первой помощи. Во время вышеозначенных работ могут быть применяемы только электрические лампы или другие безопасные лампы.

20. В помещении газогенераторной станции воспрещается всякое употребление открытого огня.

21. Для подачи первой помощи рабочим в случае обморока, газогенераторная станция должна быть снабжена в достаточном количестве необходимыми медикаментами и аппаратами для оживления помощью кислорода. Среди персонала, обслуживающего газогенератор, должно быть в каждой смене несколько человек, обученных правилам подачи первой помощи и обращению с означенными аппаратами.

22. Устройства для отведения скрубберной воды должны исключать возможность проникания содержащихся в воде газов в рабочие помещения; применение для этой цели открытых канав воспрещается.

23. При газогенераторных установках вода из скрубберов, для предотвращения заражения ею близлежащих водоемов, должна подвергаться очистке в особых очистительных устройствах. В отдельных газогенераторных установках малой мощности допускается спуск скрубберной воды в поглощающие колодцы.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ И РЕКОМЕНДУЕМАЯ

ЛИТЕРАТУРА

1. Барт — Выбор двигателя — 1914 г.
2. Бартель — Торфяное хозяйство — 1924 г.
3. Винард — Установка генераторно-газовых двигателей — 1907 г.
4. Гинзбург — Газификация топлива и газогенераторные установки — 1938 г.
5. Гюльднер — Двигатели внутреннего сгорания — 1932 г.
6. Дуббель — Двигатели внутреннего сгорания — 1932 г.
7. Киршке — Газовые двигатели — 1923 г.
8. Лидов — Краткий курс газового производства — 1911 г.
9. Мулерт и Дрюз — Технические газы, их производство и применение — 1934 г.
10. Макаревич — Стационарные двигатели внутреннего сгорания — 1937 г.
11. Рамбуш — Газогенераторы — 1939 г.
12. Рейтлингер и Гербель — Силовое и тепловое хозяйство в промышленности — 1929 г.
13. Тренклер — Газогенераторы — 1933 г.
14. „Теплотехник“ — Спр. книга под ред. Астафьева — 1928 г.
15. Рерих — Газовые машины большой мощности.
16. Окнов — Топливо и его сжигание — 1931 г.
17. Флоров — Газогенераторы и газификация топлива — 1927 г.
18. Хаслам и Руссель — Топливо и его сжигание — 1934 г.
19. Шюлле — Техническая термодинамика — 1911 г.
20. Грум — Гржимайло — Пламенные печи — 1925 г.
21. Фабер — Буроугольный газ — 1928 г.
22. Климов — Проблема газификации и большой металлургии на торфе — 1933 г.
23. Букшпун и Канторов — Сжигание и газификация многозольных торфов ОНТИ — 1935 г.
24. Букшпун — Мелкие газогенераторные электроустановки на местном топливе — „Энергетика“ 3—4 — 1937 г.

ЖУРНАЛЫ:

1. „Дизелестроение“ — 1937—1939 гг.
2. Лесная индустрия — 1939 г.
Статья инж. Васькова — Стационарная газогенераторная энергетическая установка.
3. Тепло-силовое хозяйство — 1939 г.
4. Механизация и электрификация сельского хозяйства — 1939 г.
5. Power — 1938—1939 гг.
6. Archiv für Wärmewirtschaft — 1935—1939 гг.
7. Gas und Wasserfach — 1938—1939 гг.
8. НИДИ — Временная инструкция — по уходу за газогенераторной установкой марки 2ВГЧ ²⁶/₃₈ — 1938 г.
9. Главдизель — Сводная таблица технических характеристик двигателей, изготовляемых заводами Главдизель — 1940 г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЯЕМЫХ ЗАВОДАМИ НКТЯЖМАШРА

Характеристики	Марка двигателя — 42,5/60	4ГЧ — 42,5/60 (I)	4ГЧ — 42,5/60 (II)	4ГЧ — 42,5/60 (III)	4ГЧ — 26/38	2ГЧ — 26/38
Завод-изготовитель	„Двигатель революции“	„Двигатель революции“	„Двигатель революции“	„Двигатель революции“	„Двигатель революции“	им. 25-го Октября
Тактность двигателя	4	4	4	4	4	4
Нормальная мощность в л. с.	700—750	400	400	400	140	70
Число цилиндров	6	4	4	4	4	2
Число оборотов в минуту	250	250	250	250	375	375
Диаметр цилиндра в мм	425	425	425	425	260	260
Ход поршня в мм	600	600	600	600	380	380
Средняя скорость поршня в м/сек.	3,74	3,74	3,74	3,74	4,75	3,8
Средн. эффективное давление в кг/см ²	5,07—5,66	5,07—5,66	4,93	4,93	4,16	4,11
Давление вспышки в кг/см ²	48	48	48	48	48	45
Давление сжатия в кг/см ²	16	16	16	16	18	18
Степень сжатия	4,98—6,4	4,98—6,4	7,75	7,7	8,9	9,3
Способ пуска двигателя	Возд.	Возд.	Возд.	Возд.	Возд.	Возд.
Макс. давление пускового воздуха в кг/см ²	30	30	30	30	16	16
Расход топлива г/э. л. с. ч. при 100% нагрузке и допускаемое отклонение в %	ок. 0,35 мт ³ +10%	0,35 мт ³ +10%	1,1 кг. + 10%	0,445 кг.+10%	1,1 кг.+10%	1,15 кг.+10%
Марка топлива	Газ природный, светильный, ка-нализ. и др.	Газ природный, светильный, ка-нализ. и др.	Дрова — смесь	Сортовой антра-цит АМ	Дрова — смесь	Дрова — смесь влажн. 30%
Расход масла г/э. л. с. ч. и допу-скаем. отклонен. в %	5+10%	5+10%	5+10%	3+10%	5+10%	6,5+10%
Расход охлаждающей воды литров л. с. ч.	14	14	14	14	14	Двигат. 16 Газоген. 25
Способ смазки и давление масла по-сле фильтр. в кг/см ²	Зуб. насос 1—2	Зуб. насос 1—2	Зуб. насос 1—2	Зуб. насос 1—2	Зуб. насос 0,5—1,0	Циркуляц. 0,7
Способ охлаждения двигателя	Водой — открыт.	Водой — открыт.	Водой — открыт.	Водой — открыт.	Водой — открыт.	Водой — открыт.
Вес наиболее тяжелой части в кг. и ее название	Блок со втулкой 9250	Блок со втулкой 6300	Блок со втулк. 6300	Блок со втулк. 6300	Рама с каленч. валом 2100	Маховик 2200
Уд. вес сухого двигателя кг/э. л. с. ч. без учета веса маховика	64—69	85	85	85	64	83
Сухой вес двигателя без маховика в кг	48000	34000	34000	34000	8900	5765
Вес двигателя с водой, маслом в кг без маховика	49425	35000	35000	35000	9460	5925
Допускаемая перегрузка двигателя в % и время	10% 1 час	10% 1 час	10% 1 час	10% 1 час	10% 1 час	10% 1 час
Габариты двигателя						
Длина двигателя в мм.	6255	4595	4595	4595	3245	2910
Ширина самого двигателя в мм.	1855	1855	1855	1855	1400	1320
Ширина двигателя с площ. в мм.	2840	2840	2840	2840	2010	1625
Высота двигателя от низа фундамен-та рамы до верха в мм.	3715	3715	3715	3715	2405	2430
Высота двигателя от лап фонд. рамы до верха в мм.	3295	3295	3295	3295	2095	2100

**ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ОСВАИВАЕМЫХ, ПРОЕКТИРУЕМЫХ И МОДЕРНИЗИРУЕМЫХ
ЗАВОДАМИ НАРКОМТЯЖМАША**

Характери- стики \ Марка дви- гателя	6ГЧ — 37/53	5ГЧ — 37/53	6ГЧ — 29/41,5	4ГЧ — 29/41,5	3ГЧ — 29/41,5	6ГЧ — 16,5/21	4 Г С Ч — 16,5/21	2ГЧ — 10,5/13	4ГЧ — 18/26	4ГЧ — 18/26
Завод-изготовитель	„Дв. револ.“	„Дв. револ.“	„Дв. револ.“	„Дв. револ.“	„Дв. револ.“	„Дв. револ.“	„Дв. револ.“	„им. Микояна“	„им. 25 Окт.“	„им. 25 Окт.“
Характеристика двигателя по виду топлива	Газогенер. дрова и антрацит.	Газогенер. дрова и антрацит.	Газогенер. дрова и антрацит.	Газогенер. дрова и антрацит.	Газогенер. дрова и антрацит.	Газогенер. дрова и антрацит.	Газогенер. дрова	Газогенер. дрова и антрацит.	Газогенер. дрова и антрацит.	Газогенер. дрова и антрацит.
Назначение двигателя	Стацион. 4	Стацион. 4	Стацион. 4	Стацион. 4	Стацион. 4	Судовой 4	Судовой 4	Стацион. 4	Стацион. 4	Стацион. 4
Тактность двигателя	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Нормальная мощность двигателя в л. с.	~ 480	~ 380	~ 290	~ 190	~ 140	150	90—100	14—16	80—90	40—45
Число цилиндров	6	5	6	4	3	6	4	2	4	2
Число оборотов в мин.	300	300	375	375	375	1300	1000	1500	750	750
Диаметр цилиндра	370	370	290	290	290	165	165	105	180	180
Ход поршня	530	530	415	415	415	210	210	130	260	260
Ориентиров. габариты										
Длина двигателя в мм.	—	—	4045	3045	2545	С маховиком 1860 655	С реверсивной муфтой 1930 650	758	1560	1140
Ширина двигателя в мм.	—	—	1308	1308	1308			612	763	763
Высота двигателя в мм.	—	—	2575	2575	2575	1340	1340	1080	1443	1443
Уд. вес двигателя кг/л. с. без махо- вика	~ 46	~ 52	52	60	65	~ 10 с маховиком	~ 12 с маховиком	~ 21	~ 24	25,5
Взамен какого двигателя будет строиться	4ГЧ — 42,5/60 — 400 л. с.	4ГЧ — 42,5/60 — 400 л. с.	—	—	4ГЧ — 26/38 — 140 л. с.	—	—	—	2ГЧ — 26/38 70 л. с.	—